ABRÉGÉ

DES

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

DE PHYSIQUE

DE

MM. [illegible] BAUME ET POIRRIER.

NOUVELLE ÉDITION.

PARIS

JACQUES LECOFFRE ET Cie, LIBRAIRES,

RUE DU VIEUX-COLOMBIER, 29,

Ci-devant rue du Pot-de-[illegible] Saint-Sulpice, 8.

Emancipation — Mirambeau
Le 26 Octobre

ABRÉGÉ

DES

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

DE PHYSIQUE

De MM. Victor BAUME et POIRRIER.

TROISIÈME ÉDITION,

REVUE ET CORRIGÉE AVEC SOIN

PAR LES AUTEURS EUX-MÊMES.

PARIS,

JACQUES LECOFFRE ET CIE, LIBRAIRES,

RUE DU VIEUX-COLOMBIER, 29,

Ci-devant rue du Pot de Fer Saint-Sulpice, 8.

1847.

AVERTISSEMENT

DES

ÉDITEURS.

—

L'adoption des Leçons de physique de MM. V. Baume et Poirrier, par plusieurs écoles spéciales de commerce et par un certain nombre d'institutions de jeunes gens, a exigé, lors de la seconde édition de cet ouvrage, des additions et des changements qui l'ont rendu, peut-être, moins élémentaire qu'il ne convient aux écoles primaires et aux institutions de demoiselles. C'est ce qui a déterminé les auteurs à composer cet abrégé de leurs Leçons que nous offrons au public. On y retrouvera cette même précision, unie à une extrême clarté, et ce même enchaînement de choses qui caractérisent leur premier travail. Ce petit volume,

en outre, est tellement calqué sur l'ouvrage dont il est le précis, qu'il pourra, sans nul doute, suffire aux dames qui se préparent à passer leur second ou leur troisième examen à l'hôtel de ville de Paris. Toutefois, nous leur conseillerons de consulter encore la seconde édition des Leçons de physique, particulièrement les chapitres qui ont pour objet la pesanteur, les propriétés des gaz, la chaleur, le galvanisme, le magnétisme, la lumière, et les notions de chimie. Ce conseil s'adresse également bien aux maîtresses qui sont dans l'habitude d'enseigner elles-mêmes à leurs élèves les éléments de physique : car pour instruire les autres avec succès, il est indispensable de posséder soi-même une somme de science plus grande que celle que l'on doit départir.

TABLE

DES LEÇONS ET DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CET OUVRAGE.

—

Cette table présente, numéro par numéro, l'énoncé des principales questions traitées dans cet abrégé. On pourra la transformer au besoin en un véritable QUESTIONNAIRE, *en donnant la* forme interrogative *aux articles qui la composent.*

PREMIÈRE LEÇON.

DES CORPS.

DEUXIÈME LEÇON.

DE LA PESANTEUR.

TROISIÈME LEÇON.

PROPRIÉTÉS DES SOLIDES.

QUATRIÈME LEÇON.

PROPRIÉTÉS DES LIQUIDES.

CINQUIÈME LEÇON.

PROPRIÉTÉS DES GAZ ET DE L'AIR EN PARTICULIER.

SIXIÈME LEÇON.

MACHINES DONT LA CONSTRUCTION ET LE JEU REPOSENT PRINCIPALEMENT SUR LES PROPRIÉTÉS DE L'AIR.

SEPTIÈME LEÇON.

CORPS IMMERCÉS. — POIDS SPÉCIFIQUES.

HUITIÈME LEÇON.

ACOUSTIQUE.

NEUVIÈME LEÇON.

DE LA CHALEUR.

DIXIÈME LEÇON.

DILATATION. — REFROIDISSEMENT DES CORPS.

ONZIÈME LEÇON.

PROPRIÉTÉS DES VAPEURS. — SOURCES DE LA CHALEUR.

DOUZIÈME LEÇON.

ÉLECTRICITÉ.

TREIZIÈME LEÇON.

SUITE DE L'ÉLECTRICITÉ.

QUATORZIÈME LEÇON.

SUITE DE L'ÉLECTRICITÉ.

QUINZIÈME LEÇON.

DU GALVANISME.

SEIZIÈME LEÇON.

DU MAGNÉTISME.

DIX-SEPTIÈME LEÇON.

LUMIÈRE. — PROPRIÉTÉS. — RÉFLEXION.

DIX-HUITIÈME LEÇON.

RÉFRACTION. — DÉCOMPOSITION DE LA LUMIÈRE.

DIX-NEUVIÈME LEÇON.

MÉTÉOROLOGIE. — MÉTÉORES AQUEUX.

VINGTIÈME LEÇON.

MÉTÉORES AÉRIENS.

VINGT ET UNIÈME LEÇON.

MÉTÉORES ÉLECTRIQUES. — MÉTÉORES LUMINEUX.

APPENDICE.

NOTIONS DE CHIMIE.

50 : 100 :: 200 :

50

100 : 50 :: 200 : 10,000

200
50

1090

100 : 50 :: 200

50 : 100

40 : 100 :: 200

140

100 40

2,000

140
140

280

120
20

2800

180
20

2,200

ABRÉGÉ

DES

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

DE PHYSIQUE.

PREMIÈRE LEÇON.

DES CORPS.

1. Objet de la physique. — La physique est cette partie des sciences naturelles qui a pour objet de faire connaître les propriétés générales des *corps*, les lois auxquelles ils sont assujettis, les effets ou phénomènes qu'ils présentent, et les causes qui produisent ces phénomènes.

2. Corps. — On donne le nom de *corps* à toute portion de *matière*.

3. Matière. — La *matière* est tout ce qui tombe sous les sens, c'est-à-dire, peut être vu, entendu, goûté, senti, touché.

4. Molécules. — On appelle *molécules* des por-

tions de matière extrêmement petites qui, par leur réunion ou leur agrégation, composent les divers corps qui s'offrent à nos observations dans la nature.

5. Propriétés générales des corps. — Les corps ainsi formés de la réunion d'un plus ou moins grand nombre de molécules matérielles se présentent ordinairement à nous sous trois états différents : à l'état solide : comme les pierres et les bois; à l'état liquide, comme l'eau, le vin, le mercure ; et à l'état de gaz ou fluide aériforme, comme l'air. Mais, quelle que soit la classe dans laquelle ils se rangent, les corps possèdent certaines propriétés qui leur sont communes à tous, et que pour cela on nomme *générales*. Ces propriétés sont : l'*étendue*, l'*impénétrabilité*, la *porosité*, la *compressibilité*, la *divisibilité*, la *mobilité*, l'*inertie*, l'*élasticité* et *l'attraction*.

6. Étendue. — Notre globe terrestre et tous les astres du firmament sont comme plongés et suspendus au milieu d'une sorte d'immensité à laquelle l'esprit ne saurait assigner de limites, et que l'on appelle *espace*. L'*étendue d'un corps* n'est autre chose que la partie de l'espace occupée par ce corps, ou, en d'autres termes, c'est la manière dont la grandeur d'un corps est limitée dans tous les sens, en présentant les trois dimensions, *longueur*, *largeur* et *épaisseur*.

7. Figure des corps. — Les limites de l'étendue

constituent la *forme* ou la *figure* des corps. Chaque corps, quelque petit qu'on puisse le concevoir, possède les trois dimensions et est nécessairement terminé par des surfaces : il a donc nécessairement une forme, et de la variété dans l'arrangement des surfaces, résulte cette variété infinie dans la figure des corps.

8. Volume des corps. — L'étendue d'un corps, considérée relativement à la grandeur de ses dimensions, donne le volume de ce corps.

9. Impénétrabilité. — L'*impénétrabilité* est la propriété en vertu de laquelle un corps exclut tout autre corps de l'espace qu'il occupe. De quelque manière donc que deux corps se pressent ou se choquent, quel que soit leur état, solide, liquide ou gazeux (5), ils ne peuvent jamais pénétrer l'un dans l'autre, jamais occuper le même espace en même temps.

Tout le monde sait qu'un corps solide, pressant un autre corps solide, s'arrête sans pouvoir prendre sa place, ou, s'il la prend, ce n'est qu'après l'en avoir chassé.

On en peut dire autant d'un corps solide plongé dans un liquide. Quand on enfonce, par exemple, une cuiller dans une tasse remplie jusqu'aux bords d'une liqueur quelconque, ne voit-on pas à l'instant la partie du liquide dont la cuiller a pris la place s'épancher au dehors?

Les gaz sont soumis à cette même loi. Si l'on

plonge entièrement dans l'eau, l'orifice en bas, un vase vide, c'est-à-dire ne contenant que de l'air, on ne verra point le liquide s'élever jusqu'au fond du vase, parce qu'il en sera empêché par l'air qui le remplit.

C'est à l'impénétrabilité des gaz que nous devons l'admirable invention de la cloche du plongeur, au moyen de laquelle un homme peut descendre au fond des rivières et des mers, sans courir le risque de se noyer.

10. Porosité. — Il s'en faut beaucoup que les molécules de matière qui, par leur réunion, forment les corps, soient dans un contact parfait, se touchent même par quelque point; elles laissent au contraire entre elles des intervalles, des vides plus ou moins grands, relativement à leur extrême ténuité. Il paraît même probable qu'il y a dans les corps plus de vide que de plein. Ce sont ces vides que l'on nomme *pores;* et leur existence dans les corps constitue leur *porosité*. Cette propriété paraît être commune à tous les corps, puisqu'on n'en connaît aucun, quelque compacte, quelque dur qu'il soit, dans lequel l'absence de *pores* se fasse remarquer.

Les pierres à filtrer, que l'on emploie dans les fontaines pour clarifier l'eau, ne doivent leur propriété qu'à leur excessive porosité.

Les boiseries exposées à l'humidité ne se gonflent que par l'action de l'eau, qui, s'introduisant dans

les pores du bois, en écarte les fibres, et en augmente ainsi le volume.

La sécheresse produit un effet opposé par la raison contraire. Voilà pourquoi les vaisseaux de bois propres à contenir des liquides, tels que tonneaux, seaux, baquets, se détériorent pendant les chaleurs, si l'on n'a pas la précaution de les maintenir pleins d'eau, ou de les laisser dans un lieu frais et humide.

Enfin, les corps qui paraissent les plus compactes présentent le phénomène de la porosité aussi bien que ceux que nous venons de citer : les pierres que l'on retire du fond de la mer sont pénétrées d'humidité jusque dans leur intérieur; de l'eau renfermée dans une boule d'or suinte à travers le métal, si on la soumet à une pression considérable.

On peut donc affirmer que tous les corps sont poreux; mais ils ne le sont pas à un même degré; ils offrent, au contraire, à cet égard, des différences plus ou moins considérables, suivant leur nature. De telle sorte qu'on ne saurait établir aucun rapport entre la quantité de matière qu'un corps peut contenir et son volume (8).

11. Masse et densité des corps. — Plus un corps, sous un volume donné, offrira des pores, moins il contiendra de molécules matérielles; et il en contiendra d'autant plus que les pores seront moins grands, moins nombreux.

C'est ce nombre plus ou moins considérable de

molécules matérielles, sous le même volume, qui constitue la *densité* d'un corps : ainsi, quand on dit que l'or est plus *dense* que le fer, on exprime que, sous un même volume, le premier renferme plus de molécules de matière que le second. En effet, un cube d'or de 32 centimètres de côté environ pèse 675 kilogrammes, et un cube de fer égal n'en pèse que 275.

La quantité totale de matière contenue dans un corps ou la somme de ses molécules s'appelle la *masse* de ce corps. Le cube d'or de l'exemple précédent a plus de masse que le cube de fer qui lui est égal en volume (*).

12. COMPRESSIBILITÉ.—La *compressibilité* est tout à la fois une nouvelle preuve et une conséquence naturelle de la porosité. En effet, comprimer un corps, c'est en rapprocher les diverses parties et les forcer à présenter un moindre volume qu'auparavant. N'est-il pas évident que les molécules des corps ne peuvent ainsi se rapprocher qu'en raison des vides ou pores qui existent entre elles?

Tous les corps étant poreux (10) sont donc compressibles, mais plus ou moins, selon la nature de chacun d'eux. Cette compressibilité a des limites qu'il n'a pas été possible jusqu'ici de dépasser.

(*) La chimie admet cependant que deux corps peuvent contenir sous le même volume un même nombre d'atomes ou de particules matérielles, bien que les poids de ces corps sous le même volume soient différents.

Dé tous les corps connus, les gaz sont ceux qui possèdent cette propriété au plus haut degré; après eux viennent généralement les solides, et en dernier lieu les liquides, qui n'en sont que faiblement doués.

13. Divisibilité. — On appelle *divisibilité* la propriété qu'ont les corps de pouvoir être séparés en plusieurs parties, et ces parties elles-mêmes en particules de plus en plus petites, jusqu'à ce qu'enfin elles échappent à nos sens, aidés même de tous les secours de l'art.

Mais le raisonnement poursuit encore la divisibilité au delà des limites que les sens ne peuvent franchir; car, dans un corps, quelque petit qu'on le suppose, n'est-il pas toujours possible de concevoir par la pensée deux moitiés, trois tiers, etc.?

Voici quelques exemples qui prouvent l'extrême divisibilité de la matière.

Cinq centigrammes de carmin suffisent pour colorer, d'une manière sensible, quinze kilogrammes d'eau. Or, le poids de la masse liquide étant trois cent mille fois plus grand que celui du carmin employé, si on suppose que chaque centigramme d'eau contienne seulement deux molécules du principe colorant, on aura trois millions de parties visibles dans cinq centigrammes de carmin.

Un lingot d'argent, du poids de 18 grammes, peut être doré avec cinq centigrammes d'or (un volume d'or égal à peu près à une tête d'épingle ordi-

naire un peu forte); ce lingot, étiré en un fil fin et un peu aplati, peut avoir 6,000 mètres de longueur sur un quart de millimètre de large. Comme il est doré sur deux faces, on peut supposer ces faces bout à bout, ce qui fait 12,000 mètres de longueur; de plus, il peut être divisé en quatre lanières, ce qui donne 48,000 mètres ou quarante-huit millions de millimètres de longueur. Si on suppose chacun de ces millimètres divisé seulement en dixièmes, on aura 480 millions de parties parfaitement visibles dans les cinq centigrammes d'or. On pourrait pousser cette division beaucoup plus loin encore.

Mais, quoi que nous fassions, combien nous serons toujours au-dessous de la nature!

Il est reconnu que le sang n'est pas un liquide uniforme tel qu'il paraît à la vue, et que sa substance se compose d'une foule de petits globules flottant dans un liquide particulier. Chez plusieurs animaux, ces globules n'ont qu'un trois-cent-cinquantième de millimètre. Une petite goutte de ce sang, qui pourrait être suspendue à la pointe d'une aiguille, en contiendrait plus d'un million.

Il existe cependant des animaux complets plus petits encore que ces globules du sang : ces animalcules sont essentiellement composés de parties; ils sont organisés, puisqu'ils ont la vie. Dans les fluides où ils vivent, ils exécutent, comme les poissons, des mouvements rapides et variés, ils se dirigent vers un but, ils évitent des obstacles; ils ont

besoin d'une nourriture, et ils savent la chercher et la saisir; enfin, il y a une nutrition dans toutes les parties et une circulation nécessaire. Quelle doit être la ténuité des globules du sang de ces animaux microscopiques! L'imagination se perd dans ce monde des infiniment petits, où la puissance de Dieu n'éclate pas moins que dans la création des mondes suspendus dans l'espace.

Les impressions que nous recevons des corps odorants ne sont pas moins propres que celles qui nous viennent par le sens de la vue à nous faire juger de l'extrême division à laquelle se prête la matière. Une faible parcelle de musc, par exemple, peut remplir tout un appartement de ses émanations pendant des années entières, sans perdre sensiblement de son poids, et on sait quelle prodigieuse quantité de corpuscules odorants ce corps envoie tout autour de lui. Qui pourra donc concevoir jusqu'où descend la petitesse de ces corpuscules, qui se renouvellent ainsi continuellement, sans que la source en paraisse le moins du monde affaiblie?

14. Mobilité. — La mobilité est la faculté que possèdent tous les corps de pouvoir être transportés d'un lieu dans un autre. On conçoit qu'en vertu de cette propriété les corps peuvent être en mouvement ou en repos.

Le *mouvement* est l'état d'un corps qui occupe successivement des lieux différents de l'espace.

Le *repos* est l'idée que nous nous faisons d'une privation totale de mouvement.

15. Inertie. — Les corps ne peuvent se donner du mouvement à eux-mêmes, ni rien changer à celui qu'ils ont une fois reçu. On donne le nom d'*inertie* à cette impossibilité où sont les corps de modifier eux-mêmes leur état actuel de repos ou de mouvement.

L'inertie est une propriété évidente dans les corps en repos. Nous sommes témoins, tous les jours, de l'impuissance où est un corps de se communiquer à lui-même du mouvement.

Mais nous voyons aussi les corps mus aller de moins en moins vite, jusqu'à ce qu'ils finissent par s'arrêter tout à fait. Les lois de l'inertie cependant exigeraient que le mouvement, une fois imprimé à un corps, se perpétuât éternellement de lui-même, avec la même vitesse et suivant la même direction.

Il en serait ainsi effectivement sans l'action de diverses causes qui agissent continuellement sur les corps qui se meuvent, pour détruire leur mouvement et les faire rentrer dans le repos.

Ces causes sont le *frottement*, dont on peut détruire en partie l'influence en polissant les corps; la résistance des milieux dans lesquels les corps se meuvent, tels que l'air ou l'eau; enfin la *pesanteur*.

Aucun corps, à la surface de la terre, ne peut se soustraire aux effets de quelques-unes de ces causes destructives du mouvement.

16. Forces. — On appelle *forces* toutes les causes qui peuvent faire passer un corps de l'état de repos à celui de mouvement, ou produire l'effet inverse. Mais on donne quelquefois plus particulièrement le nom de *puissances* aux forces qui produisent ou tendent à produire le mouvement; et, par opposition, celles qui tendent à l'empêcher s'appellent *résistances*.

17. Vitesse. — L'espace qu'un corps en mouvement parcourt pendant une certaine durée de temps prise pour unité, s'appelle la vitesse de ce corps. L'unité de temps est ordinairement la seconde, et le mètre, l'unité d'étendue qui sert à mesurer les espaces parcourus. Ainsi la vitesse d'un corps sera égale à la vitesse d'un autre corps, ou bien en sera le double, le triple, le quadruple, etc., suivant que, dans une seconde, il parcourra un espace égal, ou bien double, triple, quadruple, etc. En supposant, par exemple, qu'un boulet, au sortir du canon, parcourût trois cents mètres dans une seconde, et que, dans la même durée de temps, une flèche décochée par un arc, ne parcourût que cent mètres, la vitesse du boulet serait égale à trois fois celle de la flèche.

18. Élasticité. — L'*élasticité* est cette propriété par laquelle les corps reprennent leur état primitif quand on fait cesser la cause qui changeait leur forme ou leur volume.

Un ballon rempli d'air, que l'on comprime, re-

prend toujours sa forme quand on cesse de le comprimer. Un arc tendu se détend sitôt que la main laisse échapper la corde. Le fil qui a été tordu se détord quand il est abandonné à lui-même. La lanière de caoutchouc ou gomme élastique revient à sa longueur première quand la force qui l'étirait cesse son action.

Tous ces corps sont donc élastiques. Tous les autres, soumis à l'expérience, manifestent pareillement cette propriété, pourvu que l'effort qui tend à changer leur forme ou leur volume ne dépasse pas une certaine limite, variable pour chacun d'eux. C'est dans ce sens qu'il faut entendre que l'élasticité est une propriété générale des corps. Les gaz et les liquides n'ont cependant aucune limite au delà de laquelle ils cessent d'être élastiques.

Dans un grand nombre de phénomènes d'élasticité, les molécules dérangées momentanément de leur place ou de leur position d'équilibre y reviennent avec des vitesses capables de produire des réactions remarquables. C'est par un effet de ces réactions qu'une bille d'ivoire, lancée contre un plan de marbre, rejaillit à une grande hauteur; que des gouttes liquides, de mercure surtout, qu'on laisse tomber sur une table, rebondissent comme de petites balles; c'est en vertu de la vitesse avec laquelle les extrémités de l'arc reviennent à leur première position que la flèche part avec tant de rapidité.

19. Attraction. — Le fruit qui se détache de sa tige, la pierre qui échappe à la main qui la soutenait, se précipitent vers la surface de la terre, entraînés par une force secrète à laquelle on a donné le nom d'*attraction*.

Cette force réside dans tous les corps de la nature. Elle s'exerce entre les masses les plus considérables, comme entre les moindres particules de la matière. C'est elle qui rend raison de l'harmonie de l'univers, c'est par elle aussi que l'on explique la formation de tous les corps.

Cette force multiple prend des noms différents suivant le genre d'action qu'elle exerce. Lorsqu'elle n'a pour objet que d'unir entre elles les différentes molécules qui constituent un corps, c'est *l'attraction moléculaire*.

Lorsqu'elle est le lien invisible qui tient enchaînés les divers éléments dont se compose notre globe, ou cette force qui précipite à sa surface les corps qui en ont été séparés, c'est la *pesanteur*. Enfin, quand elle préside à la conservation de l'ordre qui règle l'univers en retenant les corps célestes dans les limites de leur route accoutumée, elle porte le nom de *gravitation céleste*.

Cette dernière force est du ressort de l'astronomie; nous ne parlerons ici que de l'attraction moléculaire et de la pesanteur.

20. Attraction moléculaire. — L'attraction moléculaire est cette force secrète par laquelle les molé-

cules de la matière sont attirées les unes vers les autres, et tendent à s'unir entre elles d'une manière plus ou moins forte, plus ou moins durable. Une condition essentielle pour que cette force puisse agir ainsi sur les molécules matérielles, c'est que les distances qui les séparent soient infiniment petites. Si, par exemple, on applique l'un sur l'autre deux morceaux de verre quelconques, généralement il n'y aura entre eux aucune adhérence. Mais qu'on les polisse, en les frottant l'un sur l'autre, et qu'on les réunisse par leurs surfaces ainsi polies, en les pressant encore l'un contre l'autre, ils adhéreront fortement. La raison de cette différence est facile à saisir : les molécules des surfaces en contact sont bien plus rapprochées dans le second cas que dans le premier. Dans les manufactures de glaces, on a vu quelquefois des glaces polies appuyées les unes contre les autres contracter une telle adhérence qu'il était impossible de les séparer.

21. *Cristallisation.*—Lorsque l'attraction s'exerce entre les molécules matérielles pour en composer un corps, elle ne semble pas agir indifféremment sur toutes leurs faces, mais choisir, quand elle le peut, celles par lesquelles elle doit les réunir. De là naissent ces formes régulières et constantes de certains corps auxquels on donne le nom de *cristaux*.

Ces corps ne sont pas rares dans la nature; nous citerons comme exemples le *cristal de roche*, le *sel gemme*, le *diamant*, etc.

Méthodes de cristallisation. — Nous pouvons imiter les opérations de la nature, qui produisent ces formes régulières et géométriques, de trois manières, que l'on appelle méthodes de *cristallisation,* et qui sont : la *dissolution*, la *fusion*, la *sublimation.*

Par la dissolution. — La première méthode consiste à dissoudre le corps dans un liquide, à faire évaporer convenablement la dissolution, et à l'abandonner ensuite à elle-même. Bientôt on aperçoit les cristaux se déposer au fond et sur les parois du vase, en présentant quelquefois des facettes d'un poli et d'un brillant si remarquables, qu'on les dirait sorties de la main du lapidaire. C'est ainsi qu'on obtient le sucre candi, l'alun, etc., etc. Si la liqueur était déjà assez concentrée, il serait inutile de faire évaporer la dissolution ; le refroidissement suffirait pour opérer le rapprochement des molécules solides qu'elle tient en suspension.

Par la fusion. — La cristallisation par la fusion s'opère comme il suit : on fait fondre le corps dans un creuset, puis on l'abandonne à un refroidissement lent et tranquille : au moment où la surface supérieure commence à se solidifier, on perce la croûte qui se forme, et, renversant le creuset sens dessus dessous, on en fait sortir les parties intérieures qui sont encore liquides. En traitant le soufre de cette manière, on verra les parois intérieures du creuset

tapissées d'une multitude de belles aiguilles dorées, qui ne sont que du souffre cristallisé.

Par la sublimation. — Le troisième mode d'opérer la cristallisation consiste à réduire le corps en vapeur, dans un vase où cette vapeur puisse revenir à l'état solide par un refroidissement suffisant.

En volatilisant, par exemple, de l'indigo dans un creuset couvert, on obtiendra à la partie supérieure du creuset des cristaux d'indigo sous forme d'aiguilles d'un bleu magnifique.

22. Forces de cohésion et d'affinité. — L'attraction moléculaire porte différents noms, suivant qu'elle s'exerce entre des molécules de même nature ou de natures différentes. Dans le premier cas, on l'appelle *cohésion*, et dans le second *affinité.* Ainsi, c'est la cohésion qui unit entre elles les molécules de fer dans une barre de ce métal; dans un corps composé de soufre et de plomb, par exemple, c'est l'affinité qui unit les molécules de soufre aux molécules de plomb. Mais la force qui unit ensuite les unes aux autres les molécules composées de soufre et de plomb, c'est encore la cohésion.

On mesure la force de cohésion d'une substance par l'effort qu'il faut exercer pour séparer ou désunir les molécules de cette substance. Il suit de là que cette force est nulle dans les gaz, très-faible dans les liquides, et plus ou moins grande dans les solides.

La viscosité, si remarquable dans certains liquides, et la sphéricité plus ou moins parfaite de leurs gouttes, suffisent pour démontrer que la cohésion est encore assez sensible dans ces corps. C'est cette même force qui, combinée avec l'attraction que les substances solides exercent sur les liquides, maintient une goutte liquide suspendue à l'extrémité d'un tube.

23. Capillarité. — Les actions mutuelles des solides et des liquides concourent encore à la production d'une classe nombreuse de phénomènes qui semblent d'abord contraires aux lois connues de l'équilibre des liquides (48). Ces phénomènes ont reçu le nom de *phénomènes capillaires*, du mot latin *capillus*, qui veut dire cheveu, parce que leurs effets les plus sensibles ont lieu lorsqu'on met en contact avec des liquides des corps solides présentant des cavités dont la largeur est très-petite et comparable au diamètre d'un cheveu. L'expérience suivante fera comprendre en quoi consistent ces phénomènes.

Si l'on plonge un tube de verre, d'un diamètre intérieur très-étroit, dans un liquide susceptible de mouiller le verre, dans l'eau par exemple, et un autre tube pareil dans un autre liquide non susceptible de le mouiller, comme serait du mercure, voici ce qu'on observe. Le premier liquide s'élève dans le tube au-dessus de son niveau extérieur en se termi-

nant par une surface courbe concave. Dans le second liquide, au contraire, le niveau intérieur reste toujours au-dessous du niveau extérieur, en présentant une surface courbe convexe.

Ces exhaussements ou ces dépressions ne se remarquent point seulement dans l'intérieur des tubes étroits, mais encore tout autour des parois des vases qui contiennent les liquides : seulement, ils sont plus prononcés entre des parois resserrées, comme dans nos tubes *capillaires;* de telle sorte que, si on répète l'expérience précédente avec des tubes de plus en plus étroits, l'élévation ou l'abaissement des liquides dans ces tubes croîtra avec la *capillarité* des tubes.

Les cavités ou interstices innombrables dont les corps sont remplis font l'office de tubes capillaires, toutes les fois que ces corps sont en contact avec un liquide; et, si celui-ci est de nature à les mouiller, on le voit s'élever, à la faveur de ces canaux, à des hauteurs qui souvent étonnent ceux qui ignorent la cause de ce phénomène.

C'est ainsi qu'un tas de sable, dont la base seulement est baignée par l'eau, peut cependant se trouver mouillé jusqu'au sommet; que l'humidité se propage quelquefois jusqu'aux étages supérieurs d'un édifice dont les fondations sont trop voisines d'un lac ou d'une rivière.

C'est la même cause qui élève tous les jours

l'huile, la graisse ou la cire fondues, aux extrémités des mèches, où leur combustion doit nous éclairer.

La capillarité joue encore un grand rôle dans la circulation de la sève au sein des plantes, et dans une multitude d'autres phénomènes qui s'accomplissent tous les jours sous nos yeux dans la nature.

DEUXIÈME LEÇON.

DE LA PESANTEUR.

24. Définition. — La pesanteur est cette force en vertu de laquelle un corps, qui cesse d'être soutenu, se précipite à la surface de la terre.

Verticale. — Cette force agit constamment sur tous les corps, et tend à les entraîner vers le centre du globe. La ligne qui représente sa direction en chaque lieu se nomme *verticale*. Pour la connaître, il suffit de suspendre un corps pesant à l'extrémité d'un fil; la direction de celui-ci sera la verticale du

lieu. Cette ligne est toujours perpendiculaire à la surface des eaux tranquilles.

25. *Centre de gravité.* — La pesanteur s'exerce également sur chacune des molécules des corps. Mais il existe pour chacun d'eux un point, qu'on appelle *centre de gravité*, où l'on peut supposer réunies toutes ces actions particulières, comme si la masse tout entière du corps était concentrée en ce point. De là vient qu'un corps solide résiste à l'effort de la pesanteur quand son centre de gravité est soutenu, et qu'il tombe dans le cas contraire. Du reste, la position de ce point important dépend et de la forme du corps et de la manière dont la matière s'y trouve distribuée.

26. *L'action de la pesanteur égale sur tous les corps.* — Lorsqu'on observe la chute de différents corps dans les circonstances ordinaires, et qu'on voit les uns tomber plus vite que les autres, on peut être tenté de croire que la pesanteur ne s'exerce pas sur tous avec la même intensité. Cependant, si on remarque qu'une feuille d'or ou une feuille mince d'étain développée tombe lentement, et que la même feuille roulée tombe rapidement, on en conclura facilement que les différences observées dans la chute des corps peuvent tenir à d'autres causes qu'à l'action même de la pesanteur.

En effet, l'air, dans lequel s'accomplissent les phénomènes observés, oppose au mouvement des corps une résistance qui agit comme force retardataire; et

cette force, dépendant de la forme et de l'étendue des surfaces, doit retarder d'autant plus la chute des corps qu'ils ont moins de masse sous le même volume, ou qu'ils sont plus *légers*.

Dans un espace vide d'air, les corps tomberaient-ils donc avec des vitesses égales? Pour en faire l'expérience, on introduit dans un long tube de verre des corps de natures différentes, tels que du plomb, du liége, du papier, du duvet même. Puis on extrait l'air de cet espace, au moyen d'une machine que nous ferons connaître plus tard, et qu'on appelle *machine pneumatique*. Le vide fait, on place le tube dans la position verticale, et on le retourne brusquement. On voit à l'instant toutes les substances qu'il contient, plomb, papier, liége, duvet, descendre, comme un seul corps, de l'extrémité supérieure à l'extrémité inférieure. Pour compléter la démonstration, qu'on laisse rentrer l'air peu à peu dans le tube, les corps les plus légers se laisseront de nouveau devancer par les plus lourds, et ces différences augmenteront jusqu'à ce que l'air ait repris dans le tube la densité de l'air extérieur. Alors tout s'y passera comme au dehors.

La pesanteur tend donc à imprimer des vitesses égales à tous les corps tombant d'une même hauteur, quels que soient d'ailleurs leur nature, leur forme, leur volume. En un mot, tous les corps sont *également pesants*.

27. Lois de la chute des corps. — La vitesse des

corps pendant la durée de leur chute n'est point *uniforme*. Comme la pesanteur agit sur eux d'une manière continue, elle leur communique à chaque instant un nouveau degré de vitesse. Le calcul et l'expérience font connaître que *la vitesse des corps, pendant leur chute, croît proportionnellement au nombre des instants écoulés depuis le commencement de leur chute.* D'où il suit qu'après deux secondes de chute, la vitesse sera double de ce qu'elle était après une seconde; après trois secondes, elle sera triple; après quatre secondes, quadruple, etc.

La loi des espaces parcourus en vertu de ces vitesses croissantes est celle-ci : *Les espaces parcourus sont proportionnels aux carrés des nombres qui expriment les temps employés à les parcourir* (*).

De telle sorte que ces espaces après une, deux, trois secondes de chute, sont entre eux comme les nombres un, quatre, neuf.

Un corps tombant en chute libre, dans les limites auxquelles nos observations peuvent atteindre, parcourt à Paris, pendant la première seconde de sa chute, $4^{m},9$.

En faisant l'application de la loi précédente, nous trouverons que, après la deuxième seconde, l'espace parcouru sera quatre fois $4^{m},9$, ou $19^{m},6$;

(*) On appelle carré d'un nombre le produit de ce nombre multiplié par lui-même; ainsi, le carré de 1 est 1, celui de 2 est 4, celui de 3 est 9, etc.

après la troisième seconde, il sera neuf fois $4^m,9$, c'est-à-dire $44^m,1$, et ainsi de suite.

28. Effets produits par le choc des corps qui tombent. — Lorsqu'un corps en mouvement rencontre un obstacle, il exerce contre celui-ci un effort d'autant plus puissant qu'il possède lui-même une plus grande vitesse. Il y a une grande différence, par exemple, entre l'effet produit contre une planche de chêne, par une balle de plomb lancée avec la main, ou par cette balle lancée par l'explosion de la poudre. Dans le premier cas, elle sera à peine capable d'enfoncer les premières fibres du bois, tandis que dans le second elle pourra le percer de part en part.

Il résulte des lois que nous venons d'exposer (27), que les corps qui tombent d'une grande hauteur peuvent prendre une vitesse prodigieuse et produire des chocs extrêmement violents. Cette vitesse serait, par exemple, de 500 mètres par seconde, la même que celle d'un boulet de canon, si le corps tombait d'une hauteur de 12,744 mètres. On voit, d'après cela, pourquoi un corps qui, placé sur l'épaule ou la tête d'un homme, n'y exercerait qu'une pression insignifiante, peut acquérir par une chute un peu élevée une force capable de lui donner la mort, comme ferait le choc d'une masse beaucoup plus considérable.

On fait souvent usage de la force de percussion qu'une masse pesante peut acquérir par sa chute.

Entre mille exemples, nous citerons ces lourds marteaux qui, dans les forges, réduisent en barres le fer brut sortant de la fournaise, et ces énormes masses de bois ou de métal qu'on emploie sous le nom de *mouton* pour enfoncer de grands pieux dans la terre.

Plan incliné. — Les corps assujettis à tomber le long d'un plan incliné peuvent aussi produire des chocs non moins violents que ceux qui descendent en suivant la verticale. Ne voit-on pas la pierre qui roule sur la pente d'une montagne un peu élevée, briser souvent, après avoir déjà parcouru un certain espace, un obstacle qui se présente tout à coup pour l'arrêter, ou voler elle-même en éclats? C'est que le corps qui tombe, en s'appuyant sur un plan incliné, possède, en arrivant au terme de sa course, toute la vitesse qu'il aurait acquise en tombant dans la verticale d'une hauteur égale à celle du plan incliné. La seule différence, c'est qu'il aura mis plus de temps pour prendre cette vitesse.

On conçoit, d'après cela, combien il est imprudent de courir sur une pente rapide. La vitesse de la course croissant à chaque instant par l'effet de la pesanteur, bientôt on n'est plus maître de soi, et si l'on tombe, on peut se blesser très-grièvement, à cause de la violence avec laquelle on vient frapper la terre.

29. Variations de la pesanteur. Force centrifuge. — L'expérience par laquelle nous avons mon-

tré toutes les substances tombant dans le vide avec la même vitesse, prouvait que la pesanteur agit avec la même intensité sur tous les corps, ou que tous les corps sont également pesants. Mais ce principe n'est généralement vrai que pour un même lieu; car la pesanteur, ainsi que nous en avons déjà averti, ne conserve pas la même intensité dans tous les lieux. Il y a plusieurs causes de cette variation; la principale est *la force centrifuge.*

Qui ne s'est amusé dans son enfance à faire tourner une balle ou tout autre corps pesant attaché à l'extrémité d'une corde, et ne s'est aperçu que celle-ci éprouvait, pendant ce mouvement, une tension analogue à celle qu'eût produite une force directe cherchant à arracher le mobile à la main qui le retenait? Le même phénomène se reproduit partout où un corps en mouvement est assujetti à décrire une ligne courbe; c'est-à-dire que ce corps exerce toujours contre l'obstacle qui l'empêche de s'éloigner du centre de rotation, une traction ou une pression, comme s'il était lui-même tiré ou poussé par une force dirigée du centre à la circonférence. Cette force a reçu le nom de *force centrifuge.* Son intensité dépend de la vitesse de rotation du corps; elle croît avec cette vitesse.

Or, la terre tourne sur elle-même autour d'un axe passant par son centre; ainsi donc tout ce qui est animé de ce mouvement de rotation doit être soumis à la force centrifuge. Mais les corps placés sur les

différents parallèles décrivent évidemment des cercles inégaux dans un temps qui est le même pour tous, vingt-quatre heures, durée d'une révolution diurne de la terre : par conséquent, ces corps sont animés de vitesses de rotation inégales. Ces vitesses vont en croissant des pôles à l'équateur, il doit donc en être de même de la force centrifuge.

Cette force détacherait de notre globe les divers éléments qui le constituent, s'ils n'étaient retenus par une autre force qui n'est que la pesanteur. Mais, si la pesanteur s'oppose ainsi partout aux effets de la force centrifuge, celle-ci, à son tour, modifie en tous lieux l'action de la première : aussi, comme la force centrifuge va croissant des pôles à l'équateur, la pesanteur décroît des pôles à l'équateur.

30. Du pendule. — L'instrument au moyen duquel les physiciens étudient les variations de la pesanteur sur la surface de la terre, est le *pendule.*

Tout corps pesant B (fig. 1) suspendu librement à un fil ou à une verge inextensible, mobile autour d'un point fixe A, est un pendule.

Lorsqu'on écarte ce pendule de la position verticale dans laquelle il est en équilibre, et qu'on l'abandonne ensuite à lui-même, il tend à revenir à sa position d'équilibre, en exécutant de part et d'autre de cette position une suite de mouvements de va-et-vient qu'on nomme *oscillations.*

Pour déterminer avec exactitude les lois qui régissent ces mouvements, les géomètres sont obligés

de supposer que le corps pesant n'est qu'un simple point matériel, et que le fil qui le tient suspendu est sans pesanteur. Ce pendule géométrique a reçu le nom de *pendule simple;* tous les autres sont des *pendules composés.*

La cause qui produit les oscillations du pendule est facile à apercevoir. Au moment où le pendule écarté de la verticale est abandonné à lui-même, la pesanteur reprend son empire sur le mobile B et le force à redescendre d'un mouvement accéléré: il arrive ainsi à sa première position avec une certaine vitesse acquise; il doit donc, en vertu de son inertie, continuer de se mouvoir, et c'est ce qu'il fait en s'élevant de l'autre côté de la verticale dans l'arc BB″. Mais la pesanteur qui agissait pendant la descente du mobile comme force accélératrice, agit pendant ce mouvement ascensionnel comme force retardatrice, et diminue la vitesse des mêmes quantités dont elle l'avait augmentée précédemment. Il suit de là qu'au moment où le mobile atteindra une hauteur égale à celle d'où il est descendu, il aura perdu toute sa vitesse, et la pesanteur continuant d'agir, il redescendra de nouveau, pour revenir ensuite au même point, en parcourant en sens contraire, et avec les mêmes vitesses, l'arc total B′ B″ décrit précédemment. Il continuerait ainsi à faire des oscillations semblables et dans le même temps, si des obstacles ne s'y opposaient: ce sont la résistance de

l'air, et le frottement aux points de suspension, qui ralentissent à chaque instant la vitesse du pendule en diminuant successivement l'amplitude de ses oscillations, et finissent par le faire rentrer au repos, à moins qu'une force artificielle ne lui restitue la portion de vitesse perdue.

31. Mesure de la pesanteur par le pendule. — Puisque les oscillations du pendule sont dues, comme nous l'avons dit, à l'action de la pesanteur, il est évident qu'un même pendule donnera des oscillations plus ou moins rapides, suivant que la cause qui le fait mouvoir sera plus ou moins intense. On conçoit dès lors qu'en faisant osciller un même pendule ou des pendules égaux dans les divers lieux de la terre, et comptant le nombre d'oscillations exécutées pendant un certain temps qui sera le même pour tous les lieux, on puisse en conclure la variation de la pesanteur dans ces lieux.

Ces résultats ne sont exacts qu'autant que les pendules conservent la même longueur; car le calcul, d'accord avec l'expérience, démontre que des pendules de longueurs différentes donnent des oscillations d'autant plus précipitées que ces longueurs sont plus courtes; tandis que des pendules d'égale longueur oscillent en un même lieu de la même manière, quelle que soit d'ailleurs la nature des corps dont ils sont formés; nouvelle preuve que tous les corps sont également pesants (26).

Il est aussi démontré que si les arcs décrits par le pendule sont très-petits, la durée des oscillations est tout à fait indépendante de l'écartement primitif, en sorte qu'elles s'accomplissent dans des temps toujours égaux. En effet, si l'on fait ainsi osciller un pendule, et que l'on compte le nombre des oscillations exécutées dans trois intervalles de temps égaux, au commencement, au milieu, et à la fin de l'expérience, on trouvera toujours le même nombre d'oscillations, bien que les amplitudes de celles-ci aillent toujours en décroissant.

32. *Isochronisme.* — Cette égalité de durée dans les oscillations d'un même pendule est désignée sous le nom d'*isochronisme*. C'est à Galilée qu'on en doit la découverte. On dit qu'il y fut conduit en observant, encore enfant, les mouvements d'une lampe suspendue à la voûte de la cathédrale de Pise.

33. Application du pendule a la mesure du temps (fig. 2). — L'isochronisme des oscillations du pendule une fois découvert, Galilée l'eut bientôt fait servir à la mesure du temps; mais l'idée de l'employer comme régulateur dans les horloges est due à Huyghens.

On sait qu'une horloge est formée par la réunion de plusieurs roues dentées qui engrènent les unes dans les autres. Un poids suspendu à une corde qui s'enroule autour d'un cylindre lié à l'une des roues est le moteur de ce système. Il est clair alors que la machine, par l'effet de la pesanteur qui sollicite le

poids, tend à prendre un mouvement accéléré. On régularise ce mouvement par un mécanisme particulier dont la pièce principale est un pendule. Ce pendule est lié à une pièce d'acier qui a ordinairement la forme d'une ancre terminée par deux palettes, et qu'on nomme l'*échappement*. Lorsque ce pendule oscille, les palettes de l'échappement rencontrent successivement les dents d'une roue de forme particulière, et l'arrêtent pour un instant. Cette roue est connue en horlogerie sous le nom de *roue de rencontre*. Le poids rentre donc au repos chaque fois que la roue de rencontre s'arrête, et l'effet de la force accélératrice est détruit. Le poids réagit à son tour contre le pendule, et lui rend la vitesse que les frottements et la résistance de l'air lui enlèvent à chaque instant, et c'est ainsi qu'il peut continuer son mouvement.

34. Du poids des corps. — Lorsqu'un corps est arrêté par un obstacle qui l'empêche d'obéir à la force de pesanteur qui l'attire vers le centre de la terre, chacune des molécules qui composent ce corps exerce, en vertu de l'action qui la sollicite en particulier, une pression ou un effort contre l'obstacle; la somme de ces pressions ou efforts constitue *le poids du corps*. Ce poids doit donc varier dans les divers lieux, comme la pesanteur. Mais dans un même lieu *il est proportionnel à la masse du corps, ou à la quantité de matière renfermée dans ce corps*.

Ainsi il faut bien distinguer la pesanteur, qui agit également sur tous les corps dans un même lieu, du poids qui est différent pour les différentes masses.

35. De la balance. — L'instrument qu'on emploie pour comparer entre eux les poids des différents corps, dans un même lieu, est *la balance*. L'unité de poids ou le poids qui sert de terme de comparaison, est celui d'une petite masse d'eau prise dans certaines circonstances que nous ferons connaître plus tard et qu'on appelle *gramme*.

La balance ordinaire (fig. 3) consiste en une barre ou verge inflexible AB, mobile autour d'un axe horizontal, et aux extrémités de laquelle sont suspendus, à des distances égales de l'axe, deux bassins E, E′, destinés à recevoir les corps dont on veut comparer les poids. La barre AB, ordinairement en fer, s'appelle le *fléau* de la balance ; les distances de l'axe aux points de suspension de chaque bassin se nomment *les bras du fléau*. Pour diminuer autant que possible les frottements, l'axe, en acier trempé très-dur, a la forme d'un tranchant, et on lui donne pour appui, de part et d'autre du fléau, deux petits plans d'agate, ou d'acier fortement trempé comme l'axe lui-même. Ces petits plans sont fixés sur une colonne P, ou sur tout autre appareil propre à servir de support à la balance.

On sait que, pour peser un corps avec cet instrument, on place ordinairement ce corps dans l'un

des bassins de la balance, et des poids marqués dans l'autre, jusqu'à ce que l'équilibre soit établi, c'est-à-dire jusqu'à ce que le fléau se tienne dans une position horizontale, ou bien n'exécute que des oscillations égales de part et d'autre de cette position. Ces conditions étant remplies, on prend la somme des poids marqués pour le poids du corps lui-même.

Pour juger plus facilement et plus sûrement de l'équilibre de la balance, on implante perpendiculairement au fléau, au-dessus de l'axe, une petite tige *t*, qui se place dans une position verticale quand le fléau est horizontal, ou bien exécute des excursions égales de part et d'autre de la verticale, quand le fléau de son côté oscille également de part et d'autre de sa position d'équilibre véritable.

Méthode des doubles pesées. — Une balance parfaite est très-rare, car la condition de perfection la plus importante, laquelle est l'égalité des bras du fléau, est précisément la plus difficile à obtenir : aussi la méthode par laquelle on a coutume d'évaluer le poids d'un corps ne donne presque jamais qu'une approximation plus ou moins grossière. Mais on aura toujours exactement le poids cherché en opérant de la manière suivante : on place dans un des bassins le corps dont on veut connaître le poids, puis on lui fait équilibre avec de la grenaille de plomb ou d'autres corps menus placés dans le second bassin. Quand l'équilibre est bien établi, on re-

tire le corps et on le remplace par des poids marqués, de manière que l'équilibre soit exactement rétabli; la somme de ces poids marqués est le vrai poids du corps, puisqu'ils produisent le même effet que lui.

Cette ingénieuse méthode s'appelle la méthode des doubles pesées; elle est due à Borda.

On peut encore comparer entre elles les masses des différents corps par les différents effets qu'elles sont capables de produire sur un même ressort. C'est sur ce principe que sont construites ces balances à ressort qu'on appelle *pesons*.

TROISIÈME LEÇON.

PROPRIÉTÉS DES SOLIDES.

36. Différents états des corps. — Nous avons déjà nommé les trois états sous lesquels les corps se présentent à nos observations : état solide, état liquide, état gazeux. Pour expliquer ces différents états, il faut admettre l'existence d'une force nou-

velle opposée à l'attraction moléculaire, et que nous nommerons *répulsion moléculaire.* Sans cette force, il serait impossible d'accorder avec la force d'attraction l'existence de ces vides ou pores que nous avons reconnus dans les corps (10).

Les molécules des corps sont donc soumises à une force répulsive qui tend à les écarter les unes des autres, tandis que la force attractive tend à les serrer les unes contre les autres.

Cette répulsion perpétuellement en lutte avec l'attraction, et qui s'oppose partout au contact des molécules matérielles dans les corps, n'est point due à une force inhérente à ces molécules, mais uniquement à la chaleur. Pour s'en convaincre il suffit d'observer qu'elle augmente et qu'elle diminue avec la chaleur des corps. De là vient qu'une action croissante et prolongée de la chaleur affaiblit la cohésion des solides et peut les faire passer successivement par les trois états. L'eau nous en offre un exemple : nous la voyons solide à l'état de glace, puis liquide quand la glace se fond, et enfin, quand la chaleur s'élève à un certain degré, elle se dissipe sous forme invisible comme l'air, elle passe à l'état gazeux.

C'est donc à la chaleur que les molécules pondérables ont la faculté de s'approprier qu'est due la différence des trois états.

État solide. — Un corps est à l'état solide quand l'action répulsive de la chaleur est assez diminuée

pour faire équilibre à la force attractive des molécules, sans le concours d'aucune force étrangère, comme serait une pression qui s'ajouterait à cette force.

Les phénomènes de la cristallisation (21), et en général les changements de volume qu'on observe dans le passage de l'état liquide à l'état solide, font connaître que les molécules dans les corps solides ont non-seulement des *positions*, mais encore des *directions* essentielles qu'elles tendent à conserver avec plus ou moins d'énergie contre les efforts qui tendent à les en écarter.

État liquide. — Dans les liquides, la quantité de chaleur combinée étant plus considérable que dans les solides, elle paraît exercer son action répulsive assez uniformément tout autour des molécules, si ce n'est pour détruire entièrement, du moins pour affaiblir extrêmement l'influence de leur direction. C'est pourquoi les molécules des liquides cèdent avec la plus grande facilité à l'effort qui tend à les déplacer et à les faire tourner sur elles-mêmes ; c'est pourquoi aussi les liquides ne sauraient conserver une forme qui leur soit propre ; mais ils sont obligés de prendre la forme des vases qui les contiennent.

État gazeux. — Dans les gaz, il n'y a plus aucun signe de l'influence des directions des molécules. La force répulsive l'emporte sur la force attractive, en sorte que les molécules de ces corps tendent

à s'écarter indéfiniment les unes des autres et jouissent d'une mobilité excessive.

Vapeurs. — On donne le nom de vapeurs aux substances à l'état de gaz qui ont été liquides ou solides, et qu'on peut ramener encore à ces états; l'eau nous en fournit un exemple.

Les liquides et les gaz sont souvent compris sous la dénomination commune de *fluides.*

37. Fluides impondérables. — On désigne encore sous le nom de fluides les principes insaisissables auxquels on rapporte la production des phénomènes de chaleur, de lumière, d'électricité et de magnétisme; mais comme ils ne peuvent être ni pesés, ni renfermés dans des vases comme les autres fluides, on les appelle *fluides impondérables* et *incoercibles.* Le rôle important qu'ils jouent dans la nature leur a aussi valu le nom d'*agents physiques.*

38. Propriétés particulières des solides. — Mais pour revenir au titre de cette leçon, choisissons parmi les propriétés particulières aux corps solides celles dont les arts font chaque jour les applications les plus utiles.

Dureté. — La dureté est la résistance qu'un corps oppose à la séparation de ses molécules : cette propriété dépend de la force de cohésion jointe à l'arrangement des molécules elles-mêmes, à leur figure et à diverses autres circonstances.

Un corps est dit plus dur qu'un autre, à proportion

qu'il résiste davantage au frottement d'un autre corps dur, tel qu'une lime d'acier; ou qu'il est plus susceptible de rayer tel autre corps : ainsi un morceau de verre anguleux est plus dur que le marbre et que le bois, parce qu'il les raye aisément et qu'il ne peut être entamé par eux. Les lapidaires jugent de la dureté des pierres fines d'après la difficulté qu'ils éprouvent à les user en les présentant à l'action de la meule.

Le diamant est le plus dur de tous les corps connus. Les facettes artificielles qui font ressortir la vivacité de ses reflets sont l'ouvrage du diamant même, et ce n'est qu'à l'aide de sa propre poussière qu'on parvient à l'user et à le tailler.

39. *Fragilité.* — Le frottement, plutôt que la percussion, est la mesure de la dureté des corps. Aussi emploie-t-on généralement mal le mot *dureté;* on croit ordinairement que plus un corps est dur, mieux il doit résister au choc, et il arrive presque toujours le contraire. En sorte que la *fragilité* (c'est ainsi qu'on désigne la facilité avec laquelle un corps est brisé par la percussion) est, pour ainsi dire, inséparable de la dureté proprement dite. Le diamant, qui entame tous les autres corps sans en être entamé lui-même, se brise sous un léger choc; le verre, qui sert d'emblème à la fragilité, est beaucoup plus dur que le fer; et l'acier devient d'autant plus cassant qu'il a plus de dureté.

D'où il suit qu'il ne faut pas confondre les corps

fragiles avec les corps *tendres;* ceux-ci sont en opposition avec les corps durs.

40. *Ténacité.* — On entend par *ténacité* la résistance que les corps solides opposent à la rupture ou à l'écrasement, quand ils sont soumis à des tractions ou à des pressions tendant à désunir leurs molécules. On estime la ténacité d'un corps par le plus grand poids qu'il peut soutenir sans se rompre.

On conçoit de quelle importance il doit être dans l'art des constructions de connaître la résistance des divers matériaux qui peuvent y être employés. Il résulte d'expériences nombreuses faites pour cet objet, que le fer est le corps qui a le plus de ténacité, celui qui peut supporter le plus grand effort de traction sans se rompre. Un fil de fer de 2 millimètres de diamètre peut porter jusqu'à 249 kilogrammes. Un fil de cuivre de même diamètre ne porte que 175 kilogrammes.

En cherchant pareillement la limite des pressions qu'on peut faire subir à des pièces de bois de même diamètre et de même longueur, appuyées par leurs extrémités, on a trouvé que sous une longueur de 5 mètres, avec un décimètre d'équarrissage, le prunier a supporté sans se rompre un poids de 1447 kilogrammes; l'orme, 1077 ; le charme, 1034; le hêtre, 1032; le chêne, 1026; le sapin, 918; le peuplier d'Italie, 586.

41. *Ductilité.* — La ductilité est la propriété que

possèdent certains métaux de se réduire en fils quand on les passe à la filière.

Filière.—Une filière est une plaque d'acier percée de trous dont le diamètre va en décroissant, et à travers lesquels on fait successivement passer les métaux sur lesquels on opère.

C'est par ce procédé qu'on obtient le fil de fer, le fil de laiton, etc. C'est encore en faisant passer à la filière des cylindres d'argent recouverts d'or qu'on prépare ces fils d'argent doré qui servent à la fabrication des galons et de ces riches étoffes où l'or se mêle à la soie.

Pour se former une idée de la prodigieuse extension à laquelle se prêtent certains métaux à la filière, qu'on se rappelle ce que nous avons dit (13), qu'un lingot d'argent du poids de 18 grammes, recouvert de cinq centigrammes d'or, peut être étiré en un fil de 6000 mètres, doré dans toute sa longueur. On estime que la pellicule d'or qui enveloppe ce fil n'a pas plus de la deux-cent-vingt-deux-millième partie d'un millimètre d'épaisseur.

Voici un autre exemple de ductilité qui n'est pas moins remarquable que le précédent. Le docteur anglais Wollaston est parvenu à faire des fils de platine si ténus, que 140 de ces fils ne suffisaient pas pour former un faisceau de la grosseur d'un fil de soie d'un seul brin ; et quoique le platine soit le plus pesant des métaux, mille mètres de longueur d'un tel fil ne pesaient guère plus de cinq centigrammes.

Malléabilité. — La ductilité prend plus particulièrement le nom de malléabilité quand on réduit les métaux en lames minces, sous l'action du marteau ou du laminoir.

Laminoir. — Le laminoir est une machine composée de deux cylindres d'acier ou de fonte, placés horizontalement l'un près de l'autre, et entre lesquels on engage le métal qu'on veut obtenir en lames.

C'est par ce dernier procédé qu'on fabrique les feuilles de tôle et de fer-blanc; les feuilles de cuivre se préparent mieux avec le marteau. Il en est de même de ces feuilles d'or si légères dont on se sert pour les dorures; mais comme le choc immédiat briserait avec facilité les feuilles d'or que l'on essaye d'amincir, on les place entre deux feuilles de baudruche, pour adoucir les effets du coup de marteau. Cinq centigrammes d'or mis en feuilles peuvent être amenés, par ce procédé, à couvrir une surface d'environ quatre décimètres carrés.

Phénomènes curieux de ductilité. — Un fait assez curieux à observer, c'est que la ductilité ne paraît pas exister au même degré dans certains métaux, quand on les étire en fils ou qu'on les réduit en lames.

Les voici classés dans leur ordre, suivant la plus ou moins grande facilité avec laquelle ils se prêtent à passer à la filière ou au laminoir.

A la filière.	*Au laminoir.*
Platine. — Or. — Argent. — Fer. — Cuivre. — Zinc. — Étain. — Plomb.	Or. — Argent. — Cuivre. — Étain. — Platine. — Plomb. — Zinc. — Fer.

Écrouissement. — Du reste, soit qu'on les passe à la filière, soit qu'on les lamine ou qu'on les travaille au marteau, un certain nombre de métaux perdent considérablement de leur ductilité pendant ces opérations. Ils contractent alors une sorte de dureté qui les rend *aigres*, c'est-à-dire cassants. C'est ce qu'on appelle *écrouissement* des métaux.

Recuit. — On y remédie par le *recuit*, qui consiste à les chauffer jusqu'à la température rouge, et à les laisser refroidir lentement : les métaux reprennent alors leur ductilité première.

42. *Élasticité.* — L'élasticité des solides a reçu un grand nombre d'applications dans les arts, pour les agréments et les commodités de la vie.

C'est à l'élasticité que nous devons une partie des services que nous rend le fer converti en acier et travaillé par les arts : tels sont les ressorts en spirale des montres, les lames flexibles qui suspendent les voitures. Les cordes de différents instruments, dont les vibrations combinées avec celles de l'air diversifient les plaisirs de l'oreille, obéissent également à l'élasticité.

Les coussins, les lits sur lesquels nous reposons,

présentent une élasticité générale qui dépend de toutes les élasticités particulières des crins, de la laine, des plumes entrant dans leur composition. Ces tissus animaux ont une forme propre qui est changée par la pression, et qu'ils tendent incessamment à reprendre, jusqu'à ce que, par un long usage, ils se soient feutrés ou attachés les uns aux autres, et qu'il devienne nécessaire de les carder ou de les battre pour les rendre à leur forme première.

43. *Flexibilité.*—On donne le nom de *flexibilité* à cette propriété des corps solides en vertu de laquelle ils peuvent être pliés sans se rompre, soit qu'ils persévèrent dans cet état, lorsqu'ils sont ductiles, soit qu'ils reprennent leur état primitif, lorsqu'ils sont élastiques. On peut dire que presque tous les corps de la nature sont flexibles, lorsqu'ils présentent une grande longueur sur une très-petite épaisseur. Ainsi le verre, qui est si dur et si fragile, peut être réduit en un fil si mince, qu'on le dévide et le pelotonne comme un fil de soie.

C'est à la flexibilité, jointe à la ductilité des métaux, que nous devons tant de vases si précieux pour nos usages domestiques. C'est encore à la flexibilité de la paille et de l'osier que nous sommes redevables d'un grand nombre de petits meubles non moins utiles.

—

QUATRIÈME LEÇON.

PROPRIÉTÉS DES LIQUIDES.

44. Caractère des liquides. — Les liquides ont pour caractère principal une excessive mobilité dans leurs molécules, par suite de laquelle ils prennent toujours la forme des vases qui les contiennent. Une autre propriété de ces corps, c'est qu'ils sont extrêmement peu compressibles, ce qui les distingue des fluides aériformes, qui sont compressibles à un très-grand degré.

Leur surface. — Si un liquide en repos n'était soumis qu'à la force de la pesanteur, sa surface pour une grande étendue, comme celle des mers, serait celle d'une sphère parfaitement ronde; et pour une faible étendue, comme celle d'un bassin, elle serait sensiblement plane et horizontale. Mais, outre la pesanteur, il est d'autres forces qui sollicitent encore les molécules liquides, d'où il vient que leurs surfaces ne sont jamais que des modifications plus ou moins prononcées des surfaces précédentes. C'est ainsi que

la surface des mers se renfle vers l'équateur par l'action de la force centrifuge (29).

45. Pression sur le fond des vases. — Puisque les liquides sont pesants, ils exercent nécessairement une pression sur le fond des vases qui les contiennent. Si le vase est cylindrique et droit, il est évident que cette pression est égale au poids du liquide qu'il contient.

Si le vase n'est ni cylindrique ni droit, pour avoir la pression supportée par le fond de ce vase, on calculera le poids d'une colonne liquide ayant pour base le fond même du vase, et pour hauteur la hauteur du niveau. Le poids de cette colonne liquide sera la pression supportée par le fond du vase, quelle que soit d'ailleurs sa forme. Ainsi, de l'eau s'élevant au même niveau dans les vases A, B, C, D (fig. 4), ayant des fonds égaux en surface, exercera des pressions égales sur chacun de ces fonds, bien que les vases contiennent des quantités de liquide fort inégales.

Paradoxe hydrostatique. — Ce principe, connu sous le nom de *paradoxe hydrostatique*, peut se démontrer facilement par l'expérience.

Supposons que les vases A, B, C, D soient de simples manchons de verre dont les ouvertures inférieures égales puissent se fermer par un disque O, appliqué sur leurs bords, et retenu par un poids P à l'aide d'un cordon passant sur deux poulies, comme on le voit fig. 5. Supposons encore que nous ayons disposé d'abord le manchon cylindrique A, pour

l'expérience. Versons de l'eau dans ce vase jusqu'à ce que le poids du liquide l'emportant sur le poids P, le fond mobile se détache, et notons bien la hauteur du niveau à ce moment.

Recommençons ensuite l'expérience avec chacun des autres vases B, C, D, en conservant toujours le même poids P ; nous remarquerons que le fond mobile se détachera, dans tous les cas, précisément au moment où le liquide atteindra la hauteur du niveau de la première expérience. Ce qui démontre le principe énoncé.

46. Applications. — Ce principe donne le moyen d'exercer des pressions considérables avec une faible quantité de liquide, en se servant d'un vase ayant une forme analogue à celle du vase désigné par la lettre D (fig. 4). C'est ainsi qu'en adaptant à un tonneau un tube vertical très-long et en même temps très-étroit, on peut faire crever le tonneau en versant dans ce tube la faible quantité d'eau nécessaire pour le remplir ; parce que le fond du tonneau supportera une pression égale au poids énorme d'une colonne d'eau ayant pour base le fond du tonneau, et pour hauteur la hauteur du liquide dans le tube.

47. Pressions sur les parois. — Les liquides n'exercent pas seulement des pressions de haut en bas ; ils pressent dans tous les sens les parois des vases qui les contiennent, et l'intensité de ces pressions dépend de la hauteur du niveau au-dessus de la partie de la paroi que l'on considère.

C'est parce que les liquides exercent leur pression latéralement que les digues qui retiennent les eaux d'un étang, d'un lac, d'un canal, se crèvent quelquefois en cédant à l'effort qu'elles supportent; et c'est parce qu'ils exercent une pression de bas en haut que l'eau se précipite dans un bateau percé par le fond.

Il résulte enfin de ce que les pressions s'exercent dans tous les sens, qu'un corps plongé dans l'eau éprouve en chacun des points de sa surface une pression qui croît avec la distance du point à la superficie du liquide.

48. Équilibre d'un liquide dans des vases communicants. — Quand un liquide est en repos dans des vases communicants (fig. 6), sa superficie est partout de niveau dans ces vases. En effet, concevons, dans l'intérieur du tube de communication, une membrane verticale *a b* nous représentant une tranche liquide. Cette membrane éprouve de la part du liquide contenu dans C une pression qui tend à la pousser de gauche à droite, et de la part du liquide contenu dans C′ une pression contraire. Puisque cette membrane est en repos, il faut que les pressions contraires soient égales : les poids des colonnes liquides qui mesurent ces pressions sont donc égaux. Mais ces colonnes liquides ont pour base commune la membrane ou la tranche *a b*, donc elles ont aussi des hauteurs égales, ce qui ne peut être, à moins que eurs sommets ou les surfaces *m n* et *o p* ne soient

également élevées au-dessus de la tranche *a b*, c'est-à-dire, ne soient au même niveau.

Si le vase C et le vase C′ contenaient des liquides de densités différentes ; si, par exemple, C contenant de l'eau, C′ contenait du mercure, qui pèse environ quatorze fois plus que l'eau, il est clair que, dans le cas d'équilibre, la hauteur du niveau *m n* de l'eau devrait être quatorze fois plus grande que la hauteur du niveau *o p* du mercure. En général, lorsque des liquides de densités différentes se font équilibre dans des vases communicants, les hauteurs des niveaux sont en raison inverse des densités.

49. Cours d'eau. — Les mers, les lacs et les rivières nous offrent l'exemple de grands vases communicants, dont les liquides sont soumis aux lois d'équilibre que nous venons d'établir. C'est par ces lois que l'on explique certaines différences de niveau bien remarquables observées dans quelques mers ; et ces innombrables cours d'eau qui sillonnent partout la surface de la terre ne se dirigent vers les mers que parce qu'ils cherchent le niveau de leurs sources situées au-dessus des plaines.

50. Écoulement des liquides. — Quand un liquide s'écoule d'un vase par un orifice percé dans la paroi de celui-ci, la vitesse d'écoulement, et par conséquent la quantité de liquide écoulée, dépend de la hauteur du niveau au-dessus de l'orifice. En rendant cette hauteur constante, on rendrait aussi la vitesse d'écoulement constante.

51. *Pouce d'eau.* — On appelle pouce d'eau la quantité de ce liquide écoulée, pendant une minute, par un orifice circulaire d'un pouce de diamètre, percé dans une paroi verticale mince, le niveau du liquide restant constamment à une hauteur de 7 lignes au-dessus du centre de l'orifice. Cette quantité d'eau, exprimée en mesures de capacité, donne 15 litres, 27.

52. Jets d'eau. — Un jet d'eau se compose (fig. 7) d'un réservoir A, placé à une certaine élévation, et d'un tuyau T communiquant avec ce réservoir et percé à son extrémité d'une ouverture O par laquelle l'eau doit jaillir.

Le réservoir et le tuyau étant pleins d'eau, le liquide s'élancera par l'ouverture *m n* du réservoir, ainsi qu'il ferait dans un vase communicant.

Nous remarquerons cependant que jamais les jets d'eau n'atteignent le niveau de leurs réservoirs. Cela tient à la résistance de l'air, aux frottements que le liquide éprouve dans les tuyaux de conduite, et aussi au poids des eaux qui retombent sur le jet ascendant.

Sources jaillissantes. — Une source jaillissante n'est qu'un jet d'eau naturel dont le réservoir, placé dans quelque lieu élevé, communique par des conduits souterrains avec l'ouverture plus basse par laquelle le liquide s'élance à l'air.

Puits artésiens. —Dans certains endroits, il suffit de percer dans la terre un trou, avec une sonde, pour obtenir une source jaillissante. Cette manière

de se procurer de l'eau, fréquemment pratiquée dans l'Artois, s'est répandue de nos jours dans d'autres parties de la France. Ces sources prennent le nom de *puits artésiens*.

CINQUIÈME LEÇON.

PROPRIÉTÉS DES GAZ

ET DE L'AIR EN PARTICULIER.

53. Des gaz. — Les anciens ne connaissaient guère qu'un seul de ces corps, que nous désignons par le nom de gaz ou fluides aériformes. C'est l'air, dont ils n'avaient même qu'une notion fort imparfaite; ils ignoraient jusqu'à la première de ses propriétés physiques, sa pesanteur.

Nous devons aux découvertes récentes de la chimie la connaissance de plusieurs autres corps différant de l'air par leur constitution intime, mais ayant avec lui les plus grands rapports par l'ensemble de leurs propriétés physiques.

54. Pesanteur des gaz. — Depuis l'invention de

la machine pneumatique (69), rien de plus facile que de démontrer par l'expérience que l'air et les gaz, en général, sont soumis à la pesanteur, aussi bien que les solides et les liquides.

Pour faire cette expérience, prenez un ballon de verre B muni d'un robinet R (fig. 8); faites-y le vide au moyen de la machine pneumatique; fermez-le et pesez-le dans cet état. Quand vous en aurez pris le poids, laissez-y rentrer l'air en tournant le robinet, et pesez-le de nouveau : vous en trouverez le poids sensiblement augmenté. En introduisant successivement, dans le ballon vide, d'autres gaz, on trouverait également une augmentation de poids : donc les gaz sont pesants.

La pesanteur de l'air fut découverte par Galilée, vers l'année 1640, en cherchant la cause qui pouvait déterminer l'ascension de l'eau dans les corps de pompe vides d'air et l'y maintenir à une hauteur à peu près constante au-dessus de son niveau extérieur. Galilée avança que ce phénomène n'était dû qu'au poids de l'air qui, pressant sur la surface du liquide, le forçait à s'élever dans le corps de pompe jusqu'à ce que le poids de l'eau fît équilibre au poids de l'air.

55. *Expérience de Torricelli.* — Torricelli, disciple de Galilée, essaya quel effet produirait la même cause sur un liquide d'une densité différente de celle de l'eau. Il prit du mercure, qui est environ quatorze fois plus dense que l'eau. Si l'explication de

Galilée sur l'ascension de l'eau dans les pompes était exacte, le mercure ne devait s'élever dans le vide qu'à une hauteur quatorze fois moindre, par l'effet de la pression de l'air. L'expérience confirma cette prévision : la pesanteur de l'air fut généralement reconnue.

L'expérience de Torricelli est facile à répéter. Prenez (fig. 9) un tube de verre *t* d'un mètre environ de longueur, et fermé par une de ses extrémités. Remplissez-le complétement de mercure, et, bouchant avec le doigt l'extrémité ouverte O du tube, renversez-le sens dessus dessous en le plongeant, par l'extrémité que vous fermez avec le doigt, dans une cuvette C contenant pareillement du mercure. Cela fait, retirez votre doigt; aussitôt la colonne de mercure s'abaissera, et, après quelques oscillations, se fixera à une hauteur de 76 centimètres environ, laissant au-dessus d'elle un espace vide qu'on appelle *vide de Torricelli.*

C'est cet appareil si simple qu'on nomme *baromètre,* parce qu'il sert à mesurer les pressions que l'air exerce à la surface de la terre.

Mais, pour que l'expérience de Torricelli ne laissât aucun doute sur l'existence de cette pression, il fallait encore vérifier si, en diminuant le nombre des couches de l'air pesant sur la surface liquide, la hauteur barométrique diminuerait pareillement. Cette vérification fut faite, en 1646, par les soins de Pascal. Un baromètre, transporté sur le sommet du

Puy-de-Dôme, subit un abaissement de huit centimètres environ.

56. Pressions atmosphériques. — Ainsi donc cette masse fluide de 15 lieues environ de hauteur qui enveloppe notre globe, et qu'on nomme *atmosphère,* est soumise aux lois de la pesanteur de la même manière que les masses liquides qu'elle comprime. Donc nous devons retrouver sous les couches profondes de l'air toutes les pressions observées au-dessous de la surface des masses liquides. Il est facile de démontrer par l'expérience que toutes ces pressions existent en effet au sein de l'air, et pour cela il n'est pas besoin d'un autre appareil que de celui qui a déjà servi à démontrer les pressions verticales de haut en bas. Si on forme un baromètre avec un tube effilé à sa partie inférieure (fig. 10), et qu'on vienne à le retirer doucement du bain de mercure dans lequel il plongeait, on remarquera que la colonne liquide se soutiendra, hors du bain, à la même hauteur que dans un baromètre ordinaire: donc il y a une pression verticale de bas en haut qui fait équilibre au poids du mercure. Si l'extrémité effilée du tube est recourbée de manière à se présenter dans une direction horizontale (fig. 11), quand le tube lui-même est vertical, et qu'on soulève celui-ci avec les mêmes précautions que dans l'expérience précédente, la colonne barométrique conservera de même sa hauteur, bien que l'extrémité du tube ne soit plus plongée dans le bain de mercure.

L'air exerce donc aussi des pressions horizontales, puisqu'il n'y a qu'une pression de ce genre qui puisse maintenir, dans l'expérience actuelle, le mercure suspendu contre les lois de la pesanteur.

La pression atmosphérique est souvent prise dans les arts pour l'unité qui sert à évaluer et à comparer de hautes pressions. Pour savoir ce que vaut elle-même cette unité en poids connus, il est évident qu'il suffit d'évaluer le poids de la colonne de mercure qui, sur une surface donnée, fait équilibre à la pression atmosphérique. Mais celle-ci n'est point constante ; elle varie, non-seulement avec la hauteur des couches atmosphériques, comme dans l'expérience du Puy-de-Dôme, mais aussi par d'autres causes dont plusieurs ne sont pas encore bien connues. Il faut donc avoir recours à une hauteur moyenne (66). Cette hauteur est celle qu'on observe au niveau de l'Océan par un temps calme, et qui est égale à 0^{m}·,76. Or, une colonne de mercure qui a cette hauteur, et pour base un centimètre carré de surface, pèse 1^{kil}·,033 ; ce poids sera donc la mesure de la pression atmosphérique sur un centimètre carré de surface. On prend souvent un kilogramme simplement, qui correspond à une hauteur barométrique de 0^{m}·,736, qui est encore supérieure à 0^{m}·,713, limite inférieure des colonnes observées à Paris.

Si nous voulons évaluer, d'après cette base, la somme des pressions que la masse atmosphérique

exerce sur la surface du globe, nous trouverons, en réduisant celle-ci en centimètres carrés, que la terre supporte une pression totale représentée par ce poids effrayant de 100,000,000,000,000,000 de kilogrammes.

Le corps humain, dont la surface est moyennement de 7|4 de mètre carré, supporte, en vertu des pressions que l'air exerce, comme les liquides, tout autour des corps qui y sont plongés, une somme de pressions égale à 17,500 kilogrammes environ. Mais le corps résiste à cette force par la réaction égale et opposée des fluides intérieurs qu'il contient; et on ne sera point étonné que ses mouvements n'éprouvent aucune gêne sensible de la part des pressions de l'air, maintenant qu'on sait qu'il n'y a pas dans les couches atmosphériques une seule pression qui ne soit contre-balancée par une pression égale et contraire. Si, par exemple, la main qui s'appuie sur un meuble, le pied qui se pose à terre, se relèvent avec la plus grande facilité, c'est que sous ce pied ou sous cette main il y a toujours de l'air qui exerce contre la pression verticale due au poids des couches supérieures, une réaction égale que nous avons déjà nommée une *poussée*. Tout cela est démontré par l'expérience de ce tube barométrique dans lequel le mercure se soutient à la même hauteur que dans un baromètre ordinaire, par l'effet seul d'une pression verticale s'exerçant directement de bas en haut.

Si on ne veut que constater l'existence de cette

réaction ou *poussée* que les couches inférieures de l'air exercent contre les couches supérieures, on peut se contenter de l'expérience suivante, extrêmement facile à répéter. Remplissez entièrement d'eau une petite cloche (fig. 12), ou un verre ordinaire, et posez sur la surface de cette eau un petit disque de papier, en prenant bien garde qu'il ne reste de l'air par-dessous. Cela fait, appliquez une main sur le disque, et retournez le vase sens dessus dessous; ôtez ensuite la main qui en fermait l'ouverture, l'eau restera suspendue. Ce disque de papier n'a ici d'autre objet que d'empêcher l'air de s'insinuer dans la masse liquide. Ce n'est donc pas lui qui s'oppose à la chute de l'eau; ce n'est que la poussée de l'air qui peut faire équilibre de cette manière au poids d'une colonne d'eau de 10 mètres de hauteur, ce qui est à peu près 14 fois la hauteur barométrique $0^{m\cdot},736$.

57. DES DIFFÉRENTES ESPÈCES DE BAROMÈTRES. — Le baromètre étant l'un des instruments les plus utiles aux physiciens, on s'est appliqué à apporter à sa construction les modifications les plus propres à en rendre l'usage commode et les indications précises.

On peut rapporter la plupart des baromètres aujourd'hui en usage à deux principales espèces, le baromètre à cuvette et le baromètre à siphon.

Baromètre à cuvette. — Le baromètre à cuvette

(fig. 13) se compose, comme l'appareil de Torricelli (fig. 9), d'un tube vertical rempli de mercure, fermé par sa partie supérieure, et plongé par sa partie inférieure dans une cuvette contenant pareillement du mercure. On donne à cette cuvette un grand diamètre comparativement au diamètre intérieur du tube. De cette manière, la colonne barométrique peut s'élever ou s'abaisser de quantités assez considérables, sans produire de changement sensible dans le niveau de la cuvette, ce qui permet de compter les hauteurs barométriques à partir toujours du même point.

L'appareil est ordinairement fixé sur une planchette d'un mètre environ de longueur; des divisions tracées sur cette planchette indiquent à l'observateur les hauteurs du baromètre. Ces divisions forment ce que l'on appelle une échelle barométrique. Chacune d'elles est d'un centimètre, subdivisé lui-même en millimètres. Le zéro de cette échelle est au niveau de la cuvette.

Baromètre à siphon (*). — Dans le baromètre à siphon (fig. 14), le tube barométrique est la grande branche qui est fermée; la petite branche est ouverte, et c'est par là que l'air exerce sa pression sur le mercure.

(*) On nomme *siphon* un tube recourbé à branches inégales.

Ce baromètre se fixe ordinairement sur une petite planche, comme le baromètre à cuvette ordinaire.

Pour mesurer la hauteur du baromètre à siphon, il faut retrancher la hauteur de la petite colonne de la longueur de la grande ; la différence sera la hauteur cherchée. On pourrait cependant la compter à partir d'un point constant, en donnant à la petite branche du siphon un diamètre assez considérable ; on aurait ainsi une échelle fixe comme dans le baromètre à cuvette.

58. Conditions d'un bon baromètre.—Quelle que soit la forme que l'on donne au baromètre, une condition essentielle pour que cet instrument soit bon, c'est que le vide de Torricelli (55), qu'on appelle aussi *la chambre barométrique*, offre un vide parfait, c'est-à-dire que cet espace soit entièrement purgé d'air, de vapeurs, enfin de toute substance pondérable. Autrement le baromètre ne donnerait plus la mesure de la pression atmosphérique, mais seulement la différence entre cette pression et celle des fluides élastiques enfermés dans la chambre barométrique. On reconnaît que le vide est parfait dans cet espace quand, le baromètre étant incliné doucement, le mercure vient frapper l'extrémité du tube en faisant entendre un son sec. Pour obtenir ce vide, on doit préalablement faire bouillir le mercure, afin de le purger d'air et de toute humidité. On l'introduit alors dans le tube bien séché dans son intérieur. Mais comme il reste encore quelques bulles d'air ad-

hérentes à la paroi du tube, il faut les en expulser en le chauffant par degrés, jusqu'à y faire en quelque sorte bouillir de nouveau le mercure.

59. Variations barométriques.—*Variations horaires.* — Une longue suite d'observations, faites avec soin dans les divers lieux de la terre, a fait connaître que le baromètre est sujet à des variations périodiques ou horaires, qui semblent annoncer qu'à certaines époques la masse atmosphérique éprouve des mouvements oscillatoires analogues à ceux qui produisent le flux et le reflux de l'Océan. De là, le nom de *marées atmosphériques* donné à ce phénomène, dont la cause est enveloppée d'une obscurité que la science n'est point encore parvenue à dissiper.

Variations accidentelles. — Outre ces variations régulières, le baromètre éprouve encore de véritables perturbations, qu'on nomme *variations accidentelles,* et qui accompagnent ou précèdent ordinairement les changements qui surviennent dans l'état de l'atmosphère.

Un assez grand nombre d'observations paraîtrait établir que quand le baromètre monte ou descend, c'est un signe ordinaire de beau temps ou de mauvais temps.

Cependant on n'a point trouvé jusqu'ici qu'il y eût aucune liaison nécessaire entre ces changements d'état dans l'atmosphère et les variations du baromètre. Il est même bien démontré que, dans la zone équatoriale, le baromètre reste insensible à toutes

les secousses atmosphériques, bien qu'il éprouve les variations périodiques ou horaires.

Néanmoins la plupart des baromètres annoncent la pluie et le beau temps. Quelques-uns même ne sont destinés abusivement qu'a ces inductions météorologiques ; de ce nombre est le *baromètre à cadran.*

60. *Baromètre à cadran.* — Cet instrument (fig. 15) consiste en un baromètre à siphon, caché derrière un cadran. L'axe qui soutient l'aiguille A du cadran porte en même temps une petite poulie sur laquelle passe un cordon tendu par deux petits poids *pp'* à peu près égaux. Le plus pesant de ces deux poids repose sur la surface du mercure dans la branche la plus courte du siphon, s'élève avec le mercure de cette branche, s'abaisse avec lui. La poulie, entraînée par ce mouvement, tourne dans un sens ou dans un autre, et fait marcher l'aiguille du cadran chargée de remplir les fonctions d'indicateur.

61. Force expansive des gaz. — Les gaz sont doués d'une force expansive dont nous avons déjà expliqué l'origine (36), et qui est un des caractères distinctifs de ces corps. En vertu de cette propriété, ils tendent sans cesse à occuper un espace indéfini, en sorte qu'il est nécessaire d'avoir recours à des forces *coercitives* pour les maintenir dans un espace limité. Et d'abord la force qui retient autour de notre globe la masse atmosphérique, et l'empêche

de se disperser dans le vide qui l'enveloppe, ne peut être que la pesanteur.

En second lieu, les masses gazeuses que nous séparons de la masse atmosphérique sont contenues par la résistance des parois des vases qui les enferment, et par les pressions que l'air lui-même exerce tout autour d'elles, soit par son poids, soit aussi par la force expansive de ses molécules.

Et en effet, qu'on place sous le récipient de la machine pneumatique une vessie fermée et à moitié pleine d'air. Au moment même où on commencera à faire le vide sous le récipient, on verra la vessie se gonfler, se tendre par la force expansive du gaz intérieur qui n'est plus contre-balancée par la pression atmosphérique ou par la force expansive contraire du gaz qu'on a retiré du récipient. Mais qu'on rende au récipient vide l'air qu'on lui a enlevé, aussitôt la vessie comprimée diminue de volume, et revient bientôt à celui qu'elle avait avant l'expérience.

Si donc nous voyons tous les jours des vases vides de toute autre substance se conserver pleins d'air, bien qu'ils soient ouverts, ce n'est pas que cet air ne fasse aucun effort pour s'échapper ; mais la résistance des parois des vases et la pression que l'air extérieur exerce à l'ouverture, telles sont les causes qui empêchent l'air intérieur de sortir.

Ce serait cependant une erreur de croire que la

même pression pourrait tenir enfermé tout autre gaz que l'air dans un vase ouvert. La force expansive d'un gaz ne peut être comprimée à sa surface libre que par une pression exercée par une masse gazeuse de même nature. La pression de tout autre gaz, fût-elle cent fois plus forte que la force expansive qu'elle est destinée à comprimer, ne pourrait empêcher le gaz comprimé de se répandre au dehors du vase pour aller se mêler au gaz extérieur. La pression de l'air ne peut même empêcher la formation des vapeurs à la surface des liquides qui ne conservent pas leur état liquide dans un espace vide de toute matière pondérable. De là vient cette quantité de fluides de toute espèce qui se mêlent à l'air pour composer notre atmosphère.

62. Compressibilité. — La compressibilité des gaz était autrefois un caractère par lequel on les distinguait des liquides, qu'on regardait comme étant incompressibles. Cette distinction est tombée avec l'erreur sur laquelle elle était appuyée; car les liquides sont compressibles. L'eau, par exemple, se comprime pour chaque atmosphère de près de 50 fois la millionième partie de son volume.

Loi de Mariotte. — La compressibilité est toutefois une propriété plus remarquable dans les gaz que dans aucun autre corps, non-seulement parce qu'elle existe à un plus haut degré, mais aussi parce qu'elle suit une loi générale pour tous les corps gazeux, tant qu'ils conservent leur état. Cette loi porte le nom

de *loi de Mariotte*, du nom du physicien qui la fit connaître le premier. Elle consiste en ceci : *les volumes des gaz sont en raison inverse des pressions qu'ils éprouvent*, c'est-à-dire que si un gaz soumis à une pression de 1 kilogramme, par exemple, a un volume égal à 1 litre, ce volume ne sera plus que de 1/2 litre pour une pression de 2 kilog., de 1/3 de litre pour une pression de 3 kilog., etc.

63. *Gaz permanents et non permanents.*—Lorsqu'on essaye de condenser indéfiniment les gaz en les comprimant, on les voit se diviser en deux classes. Les uns abandonnent l'état de fluide aériforme sous une certaine pression plus ou moins forte, suivant les différents gaz, et se liquéfient. On leur donne le nom de *gaz non permanents*. De ce nombre est l'acide carbonique. D'autres, tels que l'air, par exemple, résistent à tout changement d'état : ce sont les *gaz permanents*. Peut-être que, comprimés au delà des limites tentées jusqu'ici, ces gaz subiraient le sort des premiers. Mais comme les forces élastiques croissent avec les densités (64), les parois des vases ont bientôt à supporter des efforts prodigieux. La difficulté de trouver des vases capables de résister à ces efforts ou tensions extrêmes laisse encore sans solution le problème de la liquéfaction de tous les gaz par la compression.

64. Mesure de l'élasticité des gaz.—Les mêmes nombres qui donnent les rapports des pressions auxquelles un gaz a été soumis, donnent aussi les rap-

ports des forces élastiques de ce gaz aux différentes pressions, puisque c'est par ces forces qu'il fait équilibre aux pressions.

Il résulte de là que la force élastique d'un gaz est proportionnelle à sa densité; car les densités croissent proportionnellement avec les pressions; c'est une conséquence de la *loi de Mariotte*.

65. Décroissement de densité dans les couches de l'air. — Si l'air avait partout la même densité qu'à la surface de la terre, il s'en faudrait bien que l'atmosphère eût la hauteur de 15 lieues environ qu'on lui attribue; c'est à peine si elle s'élèverait à 2 lieues, car l'air, à la surface de la terre, étant sept cent soixante-dix fois moins dense ou moins lourd que l'eau, en prenant 10 mètres pour la hauteur de la colonne d'eau qui fait équilibre au poids de la colonne atmosphérique de même base, celle-ci n'aurait que sept cent soixante-dix fois 10 mètres, ou 7700 mètres de hauteur.

Mais l'air n'est point seulement pesant, il est aussi compressible, et les couches supérieures pressant de tout leur poids sur les couches inférieures, celles-ci prennent des densités proportionnelles aux pressions qu'elles éprouvent. La densité de l'air va donc en décroissant de la surface de la terre aux limites de l'atmosphère.

Comme la force élastique des gaz décroît avec la densité, et que cette force prend sa source dans la

force répulsive qui anime les molécules gazeuses, il en résulte que celle-ci doit être tellement affaiblie aux limites de l'atmosphère, que la pesanteur suffise pour lui faire équilibre et empêcher notre air de se répandre dans les espaces célestes.

La loi du décroissement de densité des différentes couches de l'air se vérifie par l'expérience, au moyen d'un baromètre qu'on transporte successivement dans des couches de plus en plus élevées; car les densités sont proportionnelles aux pressions, et celles-ci sont indiquées par les hauteurs barométriques.

66. Usage du baromètre pour mesurer les hauteurs. — La loi qui unit les densités des différentes couches de l'atmosphère et les hauteurs du baromètre a conduit naturellement les physiciens à appliquer cet instrument à la mesure des hauteurs.

Des tables, dressées pour cette usage, font connaître la hauteur de la couche atmosphérique qui correspond à une hauteur barométrique donnée; en sorte qu'un voyageur qui s'élève sur le sommet des montagnes, un baromètre et une table barométrique à la main, peut déterminer, quand il veut, la hauteur à laquelle il est parvenu.

Toutefois, pour que les indications du baromètre n'induisent point en erreur, il faut qu'elles soient le résultat d'observations faites dans un temps calme et serein.

66 *bis*. *Hauteur moyenne du baromètre.* — Pour comparer entre elles les hauteurs des différentes stations, il faut un point fixe qui serve, pour ainsi dire, de point de départ, et pour lequel la hauteur soit comptée nulle. Ce point est le niveau de l'Océan, sur le rivage duquel le baromètre s'élève communément à la *hauteur moyenne* $0^m,76$.

SIXIÈME LEÇON.

MACHINES

DONT LA CONSTRUCTION ET LE JEU REPOSENT PRINCIPALEMENT SUR LES PROPRIÉTÉS DE L'AIR.

67. DES POMPES. — Nous donnons dans cette leçon une description succincte des machines les plus usuelles, dont la construction et le jeu reposent principalement sur les propriétés de l'air étudiées dans la leçon précédente.

Les pompes sont des machines destinées à élever l'eau.

On distingue trois espèces principales de pompes :

les pompes aspirantes, les pompes foulantes, et celles qui sont à la fois aspirantes et foulantes ou pompes composées.

Pompe aspirante. —La pompeaspirante (fig. 16) est en général composée de trois parties, qui sont deux tuyaux et un piston. Les deux tuyaux sont réunis bout à bout. Dans le tuyau supérieur, d'un plus grand diamètre, se meut le piston P, qui est foré et fermé par une soupape F s'ouvrant de bas en haut. Ce tuyau est appelé *corps de pompe.* Le second tuyau, dont l'extrémité inférieure plonge dans l'eau, se nomme *tuyau d'aspiration,* et porte à sa partie supérieure une soupape F′ s'ouvrant comme la précédente, et placée au-dessus du niveau de l'eau, à une hauteur moindre que 10 mètres.

Voici maintenant le jeu de cette machine : quand on élève le piston, un nouvel espace est offert à l'air enfermé dans le tuyau d'aspiration. Il s'y répand en soulevant la soupape F′. Cette expansion diminue sa force élastique, la pression atmosphérique prédomine au dehors et commence à faire monter l'eau dans le tuyau d'aspiration. Quand lepiston s'abaisse, il comprime l'air qui a envahi le corps de pompe. Cet air ne pouvant rentrer dans le tuyau d'aspiration, parce que la soupape F′ lui en ferme l'entrée, soulève la soupape F et se dégage dans l'atmosphère. En remontant une seconde fois, le piston élève l'eau un peu plus haut, et en redescendant une seconde fois il chasse de l'intérieur de la pompe une nouvelle

quantité d'air. Enfin, après un certain nombre de coups de pompe, l'eau arrive elle-même au-dessus de la soupape F′, soulève la seconde soupape, et passe au-dessus du piston. Elle s'y accumule à chaque fois que le piston redescend, jusqu'à ce qu'enfin le sommet de cette colonne liquide atteigne l'orifice O par lequel l'eau doit s'écouler.

Pompe foulante. — Dans la pompe foulante (fig. 17), le rôle de l'atmosphère est nul. Le corps de pompe, le piston qui est plein et les soupapes F, F′, tout est submergé dans l'eau. Le liquide monte par le refoulement le long d'un tuyau latéral, d'où il ne peut redescendre dans le corps de pompe à cause de la soupape F′ qui, s'ouvraut de dedans en dehors, lui ferme le passage.

Pompe composée. — La pompe composée aspire l'eau comme la première, et la refoule comme la seconde. L'inspection de la figure 18 suffit pour en faire comprendre le jeu.

Pompes à jet continu. — Aux pompes où le liquide s'élève par le refoulement, on adapte souvent sur le tuyau d'ascension un réservoir d'air A (fig. 19). Cet air se trouve comprimé par l'action du piston toutes les fois qu'il chasse l'eau dans le tuyau d'ascension. Quand le piston se relève, l'air, par son élasticité, exerce à son tour une pression sur le liquide, et rend ainsi le jet continu.

Ces réservoirs d'air sont surtout nécessaires dans les pompes à incendie.

68. SIPHON. — Le siphon est un instrument qui sert à transvaser les liquides. Il consiste simplement en un tube recourbé à branches inégales (fig. 20). Supposons cet appareil plein d'eau : l'air exerce à l'ouverture de la branche la plus longue *t* une pression (56) tendant à maintenir le liquide suspendu dans cette branche, ou plutôt à le faire sortir par l'autre branche *t'* qui est ouverte ; mais l'air exerce aussi, à l'extrémité de cette seconde branche, une pression *f* égale et contraire à la première, en sorte que si les deux branches du siphon étaient égales, le liquide resterait suspendu dans l'instrument par l'effet de ces deux pressions contraires. Or, la branche *t* contient un excédant de liquide dont le poids, s'ajoutant à l'effort de la pression *f*, détermine un écoulement par la branche la plus longue. Mais à mesure que le liquide de cette branche s'écoulera, celui de la branche la plus courte viendra prendre sa place ; et, si cette branche plonge dans un vase plein d'eau, la pression atmosphérique fera passer l'eau de ce vase dans un siphon pour le remplir à mesure qu'il tend à se vider, en sorte que l'écoulement ne s'arrêtera que quand l'ouverture de la branche *t'* ne plongera plus dans l'eau.

Pour faire fonctionner le siphon, on doit commencer par le remplir du liquide à transvaser ; c'est ce qu'on appelle *amorcer* le siphon. On s'y prend pour cela de plusieurs manières : on peut d'abord le remplir directement comme un vase ordinaire,

après quoi on bouche ses deux extrémités, et, le retournant sens dessus dessous, on plonge l'extrémité de la branche la plus courte dans le vase qu'on veut vider; ou bien, après avoir plongé cette branche dans le vase, le siphon étant encore vide, on aspire l'air intérieur avec la bouche, appliquée à l'extrémité de la branche la plus longue. Le siphon se remplit alors par l'effet de la pression atmosphérique qui force le liquide du vase à s'élever dans le tube vide d'air. L'aspiration se fait quelquefois par le moyen d'un tube supplémentaire *tt'* soudé à l'extrémité de la grande branche (fig. 21).

Nous pensons qu'il est inutile de faire observer que la hauteur du siphon, au-dessus du niveau du liquide à transvaser, doit toujours être moindre que celle de la colonne de ce liquide qui ferait équilibre à la pression atmosphérique.

Le siphon n'est pas seulement d'un usage journalier dans l'intérieur des laboratoires, il peut être encore employé en grand dans les arts pour opérer des épuisements ou détourner un cours d'eau. Ces siphons se construisent avec des tuyaux de fonte ou en maçonnerie, et on les remplit d'eau par le sommet, après avoir préalablement bouché l'ouverture de chaque branche.

C'est ainsi qu'en 1803 on fit passer l'eau de la Moselle de l'amont à l'aval d'une digue qu'il s'agissait de réparer.

Siphon intermittent. — Si dans un vase ou dans un réservoir (fig. 22 et 23) on dispose un siphon de manière que le liquide puisse s'élever au-dessus de son sommet quand le vase s'emplit, ce siphon entrera de lui-même en fonction chaque fois que le niveau du liquide en dépassera le sommet. On donne à ce siphon le nom de *siphon intermittent,* parce que l'écoulement qu'il produit cesse et recommence de lui-même.

Cet instrument est susceptible de recevoir des applications très-utiles, partout où l'on a besoin d'un écoulement d'eau intermittent régulier.

On pense que les fontaines intermittentes naturelles sont dues à des cavités souterraines qui se remplissent successivement d'eau provenant des infiltrations, et se vident ensuite par des fissures ayant la forme d'un siphon.

69. Machine pneumatique. — La machine pneumatique est une machine propre à faire le vide, ou, plus exactement, à raréfier l'air dans un espace fermé.

Cette machine, dans sa construction la plus simple, se compose (fig. 24) d'un conduit ou tuyau d'aspiration T, auquel se visse le vase ou récipient R dans lequel on veut faire le vide, d'un corps de pompe C, d'un piston foré P, et de deux soupapes S et S′ disposées de la même manière que les soupapes de la pompe aspirante. Quand le piston s'élève, une partie de l'air contenu dans le récipient R passe dans le

corps de pompe, en soulevant la soupape S; quand le piston redescend, la soupape S se ferme, l'air soulève la soupape S' du piston, et se dégage dans l'atmosphère. Chaque fois que le piston s'élève, une nouvelle quantité d'air sort du récipient pour être chassée dans l'atmosphère quand le piston s'abaisse. Mais, comme ce n'est jamais qu'une partie de l'air contenu dans le récipient qui passe de ce récipient dans le corps de pompe, on voit que cette machine ne peut réellement produire qu'une raréfaction de l'air, et non un vide parfait.

Machine pneumatique perfectionnée. — La machine pneumatique fut inventée en 1650, par Otto de Guérick, bourgmestre de Magdebourg. Les dispositions en furent souvent changées, modifiées, perfectionnées, depuis son inventeur. La figure 25 représente une des machines pneumatiques dont on se sert communément aujourd'hui.

Elle a deux corps de pompe dont les pistons montent et descendent alternativement par le moyen d'une manivelle M, qui fait mouvoir une roue dentée engrenant avec les crémaillères CC'.

Le conduit T communique avec chacun des corps de pompe. La soupape S de la figure 24 est remplacée par un petit cône tronqué que le piston soulève dans sa retraite, et pousse, quand il redescend, dans l'ouverture du conduit, qu'il ferme exactement.

Le conduit vient s'ouvrir, d'autre part, au centre d'un plan circulaire K, qu'on appelle la platine de la

machine. C'est sur cette platine qu'on place les récipients en forme de cloches dans lesquels on se propose de faire le vide. Si le récipient est un ballon ou un tube, on le visse à l'extrémité du conduit.

Enfin, pour juger du degré de raréfaction de l'air, un faux baromètre *bb* communique par son extrémité supérieure avec le conduit, de sorte qu'à mesure que le jeu de la machine épuise l'air du récipient, l'air du tube se raréfie, et le mercure s'y élève de la cuvette V, poussé par la pression extérieure. Si on pouvait produire un vide parfait, la colonne de ce faux baromètre finirait par atteindre la même hauteur que dans un vrai baromètre. Il n'en est jamais ainsi : il y a toujours entre ces deux hauteurs une différence égale à 1 ou 2 millimètres au moins, même pour les meilleures machines pneumatiques.

70. Expériences. — Otto de Guérick fit le premier, avec sa machine, l'expérience curieuse des hémisphères de Magdebourg, si propre à démontrer que l'air exerce des pressions dans tous les sens sur la surface des corps qu'il environne. Un globe creux de métal est formé de deux hémisphères simplement juxtaposés. On fait le vide dans ce globe, et l'adhérence des deux hémisphères devient telle que, pour les séparer, il faut employer une force considérable.

A l'aide de la machine pneumatique, on démontre aussi facilement que si les couches supérieures de l'air pressent sur les couches inférieures, celles-

ci exercent à leur tour une réaction qui contre-balance la première pression.

On fixe solidement sur un manchon en verre épais, dit *casse-vessie*, une membrane fermant hermétiquement l'ouverture supérieure de ce manchon, après quoi on le place sur la platine de la machine pneumatique.

Tant que celle-ci n'a pas joué, la membrane n'éprouve aucun effort, ni d'un côté ni de l'autre; mais aussitôt qu'on commence à extraire l'air inférieur, on la voit se creuser en se tendant. Si l'on continue, la membrane s'enfonce, et éclate avec le bruit d'un fort coup de pistolet.

La main, appliquée sur un manchon semblable, mais plus petit, est pressée avec tant de force contre les bords de l'orifice, qu'il est impossible de la soulever, à moins qu'on ne fasse rentrer l'air par dessous.

Enfin, sous le récipient de la machine pneumatique, les corps enflammés s'éteignent, la fumée tombe comme une masse pesante, et les animaux périssent en quelques secondes. Il existe des insectes cependant qui peuvent vivre plusieurs jours dans cet air si raréfié.

La plupart des fruits et des substances fermentescibles se conservent très-bien dans le vide. Les fruits un peu passés y reprennent même leur fraîcheur, mais pour la perdre de nouveau aussitôt qu'ils en sortent.

71. MACHINES DE COMPRESSION. — Les machines de compression, destinées à comprimer avec effort l'air ou d'autres gaz dans des récipients à parois d'une grande résistance, offrent dans leur construction des dispositions qui sont l'inverse des dispositions de machines pneumatiques.

Pompe de compression. — La plus simple de ces machines est celle qu'on appelle *pompe de compression.* Elle consiste en un cylindre creux HH′ de métal parfaitement rodé (fig. 26), et muni à son extrémité inférieure d'une soupape S, s'ouvrant de dedans en dehors. Un piston plein P parcourt l'intérieur du cylindre dans toute sa longueur. Quand ce piston est arrivé au sommet du corps de pompe, une petite ouverture O, pratiquée dans la paroi de celui-ci, permet à l'air extérieur de se répandre dans sa capacité. Quand le piston s'abaisse, il ferme l'ouverture par laquelle l'air s'est introduit, le comprime et le force de pénétrer dans le récipient R par la soupape S.

On fabrique des eaux gazeuses en comprimant, par le moyen d'un appareil de ce genre, de l'acide carbonique dans des vases déjà remplis d'eau.

SEPTIÈME LEÇON.

CORPS IMMERGÉS. — POIDS SPÉCIFIQUES.

—

72. CORPS IMMERGÉS. PRINCIPE D'ARCHIMÈDE. — *Un corps plongé dans un liquide y perd une partie de son poids égale au poids du liquide qu'il déplace.*

Balance hydrostatique. — Ce principe, découvert par Archimède, peut se démontrer directement par l'expérience, au moyen de la *balance hydrostatique*. Cet instrument est une balance ordinaire, au moyen de laquelle on peut peser un corps successivement dans l'air et dans l'eau, ou dans un autre liquide.

Soient donc C et C′ (fig. 27) deux cylindres en cuivre, l'un creux et l'autre massif, mais remplissant exactement la capacité du premier. Plaçons le cylindre creux sur l'un des bassins de la balance, suspendons l'autre au-dessous par un fil très-fin, puis mettons la balance en équilibre par un nombre

de poids suffisant, placés dans le second bassin. Cela fait, disposons sous le premier bassin un vase plein d'eau, de manière que le cylindre C′ soit immergé. L'équilibre sera rompu, la balance penchera du côté des poids. Alors, si on verse de l'eau dans le cylindre creux, de manière à le remplir exactement, l'équilibre sera rétabli : donc le cylindre plein plongé dans l'eau perd une partie de son poids égale au poids du liquide déplacé.

La diminution de poids que les corps éprouvent lorsqu'ils sont plongés dans un liquide, est due à la pression de bas en haut que le liquide exerce contre la surface des corps immergés, et qu'on appelle la *poussée des liquides*.

73. Conséquences du principe d'Archimède. — Si le poids d'un corps est précisément égal au poids d'un égal volume d'eau, ce corps, étant immergé, restera suspendu en équilibre dans le liquide, comme ferait le volume liquide qu'il déplace.

Si le corps est plus lourd que le liquide qu'il déplace, il tombera au fond du vase, en vertu de l'excès de poids qu'il possède.

Enfin, si le corps est plus léger, il sera poussé vers la surface du liquide, et ne pourra s'arrêter dans ce mouvement ascensionnel que quand il ne déplacera plus qu'un volume d'eau de même poids que lui ; par conséquent il surnagera.

C'est ainsi que le liége, le bois en général, la

glace, flottent sur l'eau ; que le fer, le marbre, et presque tous les corps, flottent sur le mercure.

74. Corps flottants. — On peut faire flotter de même tous les corps solides, quelque lourds qu'ils soient, sur un liquide quelconque. Il suffit de donner à ces solides des formes telles que le liquide déplacé par la seule partie destinée à être immergée, soit égal au poids du corps tout entier.

Tel est le principe sur lequel repose la construction de ces esquifs légers qui semblent glisser sur les lacs et les rivières, et celle de ces immenses bâtiments qui sillonnent les flots de la mer.

Les mouvements à l'aide desquels les poissons s'élèvent et descendent alternativement dans l'eau, sont dus à la faculté qu'ont ces animaux de déplacer à leur gré un volume plus ou moins grand de ce liquide : c'est à quoi ils parviennent au moyen d'une vessie communément double, à laquelle on a donné le nom de *vessie natatoire*. Un petit canal, qui établit la communication entre l'arrière-bouche et la vessie, sert au poisson pour introduire dans cette espèce de sac un fluide aériforme qui varie par sa nature, suivant les différentes espèces de poissons. La vessie, dilatée par cet air, détermine, relativement à l'animal lui-même, une augmentation de volume qui le rend plus léger que l'eau déplacée, en sorte qu'il monte vers sa surface, sans l'intermédiaire des organes du mouvement; et lorsqu'il veut des-

cendre, il n'a besoin que d'expulser assez d'air de sa vessie, pour qu'il en résulte une diminution de volume qui le rende plus pesant que le volume d'eau déplacé.

Le principe d'Archimède est général, c'est-à-dire qu'il s'applique à tous les fluides, aux fluides élastiques comme aux liquides. Il est la cause qui fait monter la fumée dans les airs, et soutient les nuages au-dessus de nos têtes.

75. Aérostats.—C'est en s'appuyant sur le même principe que de hardis navigateurs osent s'élancer dans les profondes régions de l'air, portés par cette frêle machine qu'on nomme *aérostat.*

Montgolfières. — L'invention des aérostats remonte à l'année 1782; elle est due aux frères Montgolfier, de la ville d'Annonay; de là, le nom de *Montgolfières* qu'on a donné à celles de ces machines qui furent les premières construites. Elles ne consistaient qu'en une grande enveloppe, de forme à peu près sphérique, en toile doublée de papier, ou simplement en papier. Un réchaud allumé, placé au-dessous d'une ouverture ménagée à dessein à la partie inférieure de cette enveloppe, dilatait l'air intérieur qui, devenant plus léger que l'air ambiant, s'élevait, emportant avec lui son enveloppe et l'aéronaute placé dans une nacelle légère suspendue par des cordes à l'aérostat.

Le feu que l'aéronaute était obligé d'entretenir au milieu des substances les plus combustibles ajoutait

un danger de plus à un voyage déjà assez périlleux par lui-même.

Ballons à gaz hydrogène. — Après la découverte du gaz hydrogène (259), Charles, physicien français, eut l'heureuse idée de remplir de ce gaz, environ quinze fois plus léger que l'air, des ballons entièrement fermés, et les montgolfières furent abandonnées.

Les ballons à gaz hydrogène sont munis d'une soupape à ressort s'ouvrant de dehors en dedans, et placée à la partie supérieure du ballon. L'aéronaute, au moyen d'une corde dont il tient une extrémité à la main et dont l'autre est attachée à la soupape, peut laisser échapper à volonté une partie du gaz du ballon quand l'enveloppe menace de crever, par une expansion subite ou trop considérable dans les couches raréfiées de l'air. Il peut également, par le même moyen, diminuer le volume de son ballon pour redescendre dans des couches inférieures. S'il veut ensuite remonter, il lui suffit d'alléger sa nacelle d'une partie de son lest, qui consiste ordinairement en sable fin enfermé dans de petits sacs de toile.

Parmi les nombreux voyages aériens qui furent tentés depuis la découverte des aérostats, un des plus célèbres, sans contredit, et pour les résultats scientifiques et même pour la hauteur prodigieuse à laquelle s'éleva l'aéronaute, est celui que M. Gay-Lussac exécuta en 1804. Ce savant laissa la terre à 7,000 mètres au-dessous de lui.

76. Poids spécifiques des corps. Densités. — Nous avons vu (11) que les corps sont inégalement *denses*, c'est-à-dire que, sous des volumes égaux, ils contiennent des quantités inégales de matière.

Par conséquent, sous des volumes égaux, ils ont des poids inégaux. Ces poids différents des corps, pris sous le même volume ou sous l'unité du volume, s'appellent *poids spécifiques ;* les rapports de ces poids, pris dans un même lieu, donnent les *densités* relatives des différents corps.

Toutes les fois qu'on veut comparer entre elles des quantités de même espèce, la première chose à faire, c'est d'en choisir une qui puisse servir de terme de comparaison à toutes les autres, de se fixer une *unité*.

L'unité de densité adoptée pour les solides et les liquides est la densité de l'eau distillée. Ainsi un corps aura une densité égale à 2, à 3, à 4, etc., suivant qu'il aura 2 fois, 3 fois, 4 fois, etc., le poids d'un égal volume d'eau distillée; pareillement sa densité sera 1/2, 1/3, 1/4, etc., si son poids n'est que la moitié, le tiers, le quart du poids d'un même volume d'eau distillée.

77. Méthode pour déterminer les densités des solides. — Puisque, pour avoir la *densité* d'un corps, il suffit de trouver combien son poids contient de fois le poids d'un égal volume d'eau distillée, on peut opérer de la manière suivante :

On détermine d'abord avec la balance ordinaire le poids du corps dans l'air. On prend ensuite un flacon à large ouverture, se fermant avec un bouchon à l'émeri, on le remplit d'eau distillée, on le bouche, puis on le place avec le corps dans la balance, et on pèse le tout. Cela fait, on introduit le corps dans le flacon, on ferme, et on pèse de nouveau. Il y aura évidemment entre cette pesée et la précédente une différence due à l'eau expulsée du flacon par le corps qui a pris sa place. La densité cherchée sera le quotient du poids du corps dans l'air, divisé par la différence, qui représente le poids d'un volume d'eau égal au volume du corps.

78. DENSITÉS DES LIQUIDES. — Pour obtenir les densités des divers liquides, il suffit de prendre un flacon, de le remplir d'abord d'eau distillée, de chercher le poids de ce volume d'eau, et de répéter ensuite la même expérience avec le même flacon pour chacun des liquides dont on veut avoir la densité. Le poids de ces liquides, divisé par le poids de l'eau, donnera la densité de chacun d'eux.

79. DENSITÉS DES GAZ. — L'unité de densité pour les gaz est celle de l'air, dont la densité est 770 fois moindre que celle de l'eau. On détermine les densités de ces corps de la même manière que celles des liquides, en les enfermant successivement dans un même ballon (*).

(*) Pour avoir des densités exactes, il faut avoir égard aux différences de température pour les solides et les liquides, et

80. Des aréomètres. — On appelle *aréomètres* des instruments propres à faire connaître, sans le secours de la balance, les densités des divers liquides, ou bien de simples différences de densité. Tous sont construits d'après le même principe, celui d'Archimède, et consistent en une tige, ordinairement de verre, soudée à une boule creuse ou à un cylindre de même matière, et lestée de manière que l'instrument étant plongé dans un liquide, il y prenne et garde la position verticale.

Nous ne décrivons que les *pèse-liqueurs* dont l'usage est très-fréquent dans le commerce.

Pèse-liqueurs. — On voit un de ces instruments représenté fig. 28. Son lest L consiste en un peu de mercure ou quelques grains de plomb; sa tige T, soudée à la boule B, est divisée en parties égales. En portant cet aréomètre successivement dans des liquides de densités différentes, il s'y enfoncera plus ou moins, suivant que les densités des liquides seront moins grandes ou plus grandes; mais on conçoit que si les liquides sont formés d'eau mêlée à des quantités différentes de la même substance, d'esprit-de-vin, je suppose, les divisions du tube puissent être tracées de manière à indiquer les différents de-

de plus aux différences de pression pour les gaz, car les volumes, et par conséquent les densités des corps, varient avec leur température; et on sait que la densité d'un même gaz est de plus en raison directe des pressions auxquelles il est soumis (62).

grés de pureté de ces liquides, combien, par exemple, sur 100 parties, ils contiennent d'esprit, s'il s'agit d'eau et d'esprit-de-vin mélangés. On se sert en effet d'un aréomètre de cette espèce dans le commerce, où il est de la plus grande utilité.

Les solutions salines, les acides, les sirops, etc., ont aussi leur aréomètre, par le moyen duquel on apprécie les différents degrés de concentration de ces liqueurs.

HUITIÈME LEÇON.

ACOUSTIQUE.

81. Définition. — L'acoustique est cette partie de la physique qui a pour objet de déterminer les lois suivant lesquelles le son se produit et se propage.

82. Production du son. — Le son naît d'un mouvement imprimé aux molécules d'un corps élastique, par la percussion ou de toute autre manière. Ces molécules, dérangées momentanément de leur position d'équilibre, y reviennent, en exécutant de part et

d'autre de cette position une suite de mouvements rapides que l'on désigne sous le nom de *vibrations*. Prenons pour exemple une corde de harpe que l'on pince : à l'instant, tous les points de cette corde s'éloignent plus ou moins de la position qu'ils avaient lorsque la corde était en repos, et l'œil peut apercevoir facilement la corde entière aller et revenir alternativement, au delà et en deçà de sa position première.

Suivant que ces vibrations sont lentes ou rapides, elles engendrent les sons graves ou aigus. On admet généralement que les sons les plus graves sont produits par les corps exécutant de 30 à 32 vibrations par seconde. A mesure que le nombre des vibrations augmente, les sons deviennent de plus en plus aigus. Ces sons perçants que font entendre avec leurs ailes en volant certains insectes, tels que les cousins, exigent au moins 8,000 vibrations par seconde. Lorsque le nombre des vibrations dépasse 10 à 12,000 par seconde, le son devient ordinairement trop aigu pour que l'oreille en éprouve la sensation distincte.

83. Propagation du son. — Une fois le son produit, voici comment il se propage : les molécules d'air contiguës aux différents points de la corde que nous avons donnée pour exemple, prennent, en vertu de leur élasticité, des mouvements semblables à ceux de ces points ; elles vont et reviennent avec eux. Chaque molécule d'air communique à son tour ce même mouvement à la molécule qui est derrière

elle, celle-ci à une troisième, et ainsi de suite, jusqu'aux molécules qui sont en contact avec le tympan de l'oreille. L'air agit à son tour sur cette membrane, en lui communiquant ses vibrations, qu'elle transmet au nerf auditif; et de là résulte la sensation du son.

84. Ondes sonores. — Le son se propage donc tout autour du corps sonore, en excitant de proche en proche les différentes couches de l'air environnant. Les choses se passent d'une manière analogue à ce que l'on observe en jetant une pierre dans une pièce d'eau tranquille : on aperçoit en effet des ondulations se former autour du point où la pierre est tombée, et se propager circulairement au loin.

Les rapports qui existent entre l'un et l'autre cas ont fait donner le nom d'*ondes sonores* aux différentes couches d'air mises en ébranlement par les vibrations d'un corps sonore.

85. L'air producteur du son. — Mais l'air n'est pas seulement propre à transmettre le son, il peut aussi le produire. Lorsqu'un corps le frappe immédiatement, il excite dans ses molécules très-élastiques, des vibrations sonores. Ainsi l'air éclate sous le fouet qui l'agite avec violence, et siffle sous l'impulsion d'une baguette; c'est lui aussi qui vibre dans les instruments à vent.

C'est encore l'air qui résonne dans le murmure des zéphyrs qui agitent le feuillage, dans le sifflement

des autans qui dépouillent les bois, et dans es mugissements de la tempête qui soulève les flots ou ébranle les édifices.

86. Transmission du son a travers les liquides, les gaz et les solides. — L'air est le principal véhicule du son, mais il ne l'est pas seul : les liquides, les gaz et tous les corps solides dont la structure est telle que le mouvement de vibration, imprimé à quelques-unes de leurs molécules, puisse se communiquer à travers leur masse, seront de même susceptibles de transmettre le son.

Les plongeurs au fond de l'eau peuvent entendre ce qu'on dit du rivage; et du rivage on entend fort bien le bruit des cailloux qui sont heurtés sous l'eau à de grandes profondeurs.

Des faits nombreux démontrent que non-seulement la transmission des vibrations sonores a lieu à travers les corps solides, mais encore qu'elle s'y fait d'une manière plus forte et plus complète que par l'intermédiaire de l'air.

Personne n'ignore, par exemple, qu'en appliquant l'oreille sur le sol, on peut entendre le bruit du canon, ou le pas des chevaux, à des distances telles, que l'oreille n'aurait pu les percevoir à travers la masse de l'air.

87. La transmission du son impossible dans le vide. — Tous ces exemples nous prouvent que le son, pour se transmettre, a besoin de l'intermédiaire

d'un corps quelconque, et que là où il n'y a plus de matière, il cesse de se faire entendre : aussi dans le vide la transmission du son est-elle impossible. On le démontre en plaçant sous le récipient de la machine pneumatique un mouvement d'horlogerie qui a une détente et qui est muni d'un timbre ; puis on opère le vide, et on lâche la détente : à l'instant l'horloge marche et fait mouvoir un petit marteau qui frappe le timbre, pendant tout le temps de l'expérience, sans qu'aucun bruit parvienne au dehors. Laisse-t-on entrer un peu d'air, on commence à distinguer un petit bruit faible à chaque coup de marteau; le son devient de plus en plus fort à mesure qu'on donne plus d'air ; enfin, quand l'air est tout à fait rentré, le son est plein et s'entend au loin.

Cette expérience prouve non-seulement que le son ne peut se transmettre dans le vide, mais encore qu'il diminue d'intensité à mesure que l'air devient plus rare. Ceci explique pourquoi, à des hauteurs considérables où l'air est beaucoup plus raréfié, les sons, toutes choses égales d'ailleurs, perdent étonnamment de leur force. Au sommet du mont Blanc, un coup de pistolet fait moins de bruit qu'un petit pétard dans la plaine ; et M. Gay-Lussac a constaté qu'à 7,000 mètres au-dessus du sol, l'intensité de sa voix était singulièrement affaiblie, lorsqu'il essayait de former des sons.

88. VITESSE DU SON. — Quel que soit le milieu à

travers lequel le son se transmette, il emploie toujours un temps sensible pour se propager même à une distance assez médiocre; et il parvient d'autant plus tard à l'oreille que l'éloignement du corps sonore est plus considérable.

Les physiciens ont cherché à déterminer, par l'expérience, la vitesse avec laquelle se fait la propagation du son. Pour atteindre ce but, ils ont profité de ce que la vitesse de la lumière est au contraire sensiblement infinie, du moins dans les distances auxquelles s'étendent nos mesures.

L'explosion du canon était propre à donner les résultats cherchés; il ne s'agissait que d'estimer le temps qui s'écoulait entre le moment où la lumière indiquait à l'œil le départ du son, et celui où le son lui-même avertissait l'oreille de son arrivée, puis diviser l'espace parcouru par la durée du temps. C'est par ce moyen que les membres de l'Académie des sciences de Paris reconnurent que le son parcourt en une seconde 340 mètres (moins qu'un demi-quart de lieue), dans un temps calme; que sa vitesse est uniforme, c'est-à-dire que, dans un temps double, le son parcourt un espace double, et qu'en général l'espace parcouru est proportionnel au temps.

Mais quel que soit le son, fort ou faible, grave ou aigu, sa vitesse est toujours la même dans les mêmes circonstances. Elle est toujours la même aussi à quelque distance qu'on soit placé du corps

sonore, pourvu toutefois que l'éloignement permette de percevoir les sons. On en sera aisément convaincu si l'on réfléchit que, dans un concert, les musiciens qui jouent de divers instruments font partir tous les sons de leurs notes à des intervalles de temps égaux, et que ceux qui les entendent de près comme de loin reçoivent ces sons exactement et avec les mêmes intervalles; ce qui assurément n'aurait pas lieu, si un *son fort* pouvait atteindre un *son faible* parti avant lui, ou si les sons perdaient leur vitesse par la distance.

89. Intensité du son. — Si le son ne perd rien de sa vitesse première en s'éloignant du corps sonore qui le produit, il n'en est pas de même de son intensité. En effet, la force avec laquelle il vient frapper nos oreilles ne dépend point de sa vitesse, mais du degré de compression des ondes sonores qui nous l'apportent : or, ce degré de compression, à mesure qu'il se communique de proche en proche aux différentes couches d'air, doit aller toujours en décroissant, et d'autant plus que les ondes sonores mises en ébranlement augmentent sans cesse de diamètre. C'est aussi ce qui se passe : le son s'affaiblit de plus en plus en s'éloignant du centre d'ébranlement, et finit, à une certaine distance, par devenir inappréciable.

Le vent peut ajouter ou ôter de l'intensité au son, suivant qu'il souffle dans la même direction ou dans une direction contraire à celle de la propagation des

ondes sonores. De là vient qu'il nous arrive tantôt d'entendre, tantôt de ne pas entendre à la même distance un son produit par la même cause, tel que le bruit du canon ou les tintements d'une cloche peu éloignée.

Lorsque le son se propage dans une masse d'air limitée, comme il le ferait dans un tuyau cylindrique, la force comprimante n'ayant point à agir sur des couches d'air de plus en plus étendues, se conserve, pour ainsi dire, sans s'affaiblir. Le son peut alors se transmettre à de très-grandes distances, sans rien perdre sensiblement de son intensité. Des expériences faites dans un des aqueducs de Paris, de la longueur de 951 mètres, ont prouvé que les mots dits à l'une de ses extrémités, aussi bas que possible, comme quand on se parle à l'oreille, étaient distinctement entendus par l'observateur placé à l'autre extrémité.

C'est un des principes sur lesquels sont établis les instruments appelés cornets acoustiques et porte-voix.

90. Réflexion du son. — Quand on jette une pierre dans un bassin plein d'eau tranquille, il se forme autour des ondulations circulaires qui s'étendent au loin (84). Si ces ondulations vont toucher jusqu'aux bords, elles sont refoulées vers le point d'où elles viennent. Il en est de même des ondulations de l'air qui occasionnent le son : quand, au lieu de se propager dans une masse d'air illimitée,

elles rencontrent, dans leur chemin, un obstacle, tel qu'un édifice, un rocher, une montagne, ou bien même un arbre ou la voile tendue d'un navire, elles sont alors susceptibles d'être *réfléchies* par cet obstacle, c'est-à-dire d'être renvoyées et de reporter le son en arrière ; mais il faut, pour qu'on puisse l'entendre, que l'oreille soit sur *la ligne de réflexion.*

Loi de la réflexion du son. — La détermination de cette ligne est soumise à une loi certaine qu'il est bon de ne pas ignorer. Pour en rendre l'explication plus facile à saisir, supposons que vous lanciez une balle élastique contre une muraille AB (fig. 31), qu'arrivera-t-il? Si vous la lancez avec assez de force et directement en face de vous, elle reviendra toucher votre main. La ligne DC, que décrit la balle en partant, s'appelle *ligne d'incidence*, et celle qu'elle décrit en revenant, *ligne de réflexion.* Dans le cas dont nous parlons ici, les deux lignes n'en forment qu'une; mais que vous lanciez obliquement votre balle, selon la ligne SC, croyez-vous qu'elle reviendra toucher votre main? Non certainement; elle s'en retournera obliquement dans la direction contraire CK, en formant un angle ACK, qui serait exactement égal à l'angle SCB, si l'élasticité était parfaite. Le dernier de ces angles s'appelle *angle d'incidence*, et l'autre, *angle de réflexion.*

De là, cette loi commune à tous les corps réfléchis dans le cas où l'élasticité serait parfaite : *L'an-*

gle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. Cette loi une fois comprise, la théorie des sons réfléchis ne présente plus de difficulté.

Le son direct et le son réfléchi jouissent de la même vitesse.

91. *Échos.* — L'existence de la réflexion du son est prouvée par le phénomène si connu des échos.

Il faut cependant remarquer que toute réflexion de son ne donne pas lieu à un écho. Il n'y a que simple *résonnance* là où le corps sonore est placé trop près de la surface du corps réfléchissant : l'observateur ne peut alors percevoir séparément le son direct et le son réfléchi ; ils se confondent l'un avec l'autre : seulement le son direct est plus ou moins renforcé, comme il arrive souvent dans les vastes appartements, les corridors, etc., etc.

Mais si l'observateur qui perçoit le son se trouve assez éloigné de l'obstacle qui le réfléchit pour qu'il s'écoule au moins un dixième de seconde entre la production du son direct et le retour du son réfléchi, son oreille entendra distinctement et séparément le son réfléchi : il y aura *écho.*

On cite plusieurs échos extraordinaires, entre autres celui du parc de Woodstock, en Angleterre, qui répète distinctement dix-sept syllabes.

Échos multiples. — Il existe des échos que l'on appelle *multiples*, parce qu'ils répètent plusieurs fois le même son. Cela a lieu quand deux obstacles, placés l'un vis-à-vis de l'autre, se renvoient mu-

tuellement les mêmes ondes sonores. On trouve, à trois lieues de Verdun, un écho de cette nature qui répète douze ou treize fois le même mot; il est dû à deux grosses tours distantes l'une de l'autre de 72 mètres.

Celui du château de Simonetta, en Italie, est plus curieux encore; il redit quarante fois le même son.

NEUVIÈME LEÇON.

DE LA CHALEUR.

—

92. Définition. — On a donné le nom de *calorique* à la cause qui produit les divers phénomènes de la chaleur.

On considère cette cause comme un fluide d'une subtilité extrême, se mouvant avec une certaine facilité dans l'intérieur de tous les corps qu'il pénètre, et dont les effets dépendent soit de la quantité de fluide accumulée dans les corps, soit de la force avec laquelle il se meut dans leur intérieur.

93. PROPAGATION DE LA CHALEUR. — TEMPÉRATURE. — Lorsque des phénomènes de chaleur se manifestent dans un corps où ils n'étaient point d'abord apparents, la chaleur s'est propagée dans ce corps, et la quantité de fluide que le corps paraît posséder constitue la *température* du corps : suivant que cette quantité semble augmenter ou diminuer, la température du corps *s'élève* ou *s'abaisse.*

On dit qu'il y a *équilibre* de *température* dans une enceinte, quand tous les corps qui y sont contenus paraissent posséder des quantités égales de chaleur.

Or, c'est une propriété du fluide dont nous nous occupons actuellement, de tendre à se mettre ainsi en équilibre dans tous les corps.

94. DES THERMOMÈTRES. — Cette propriété, jointe aux changements de volume que les corps éprouvent quand ils changent de température, fournit le moyen de comparer entre elles les diverses quantités de chaleur. Les instruments qui servent à cette comparaison se nomment des *thermomètres* ou *mesureurs* de la chaleur.

95. *Thermomètre à mercure.* — La chaleur dilate généralement tous les corps, c'est-à-dire augmente leurs dimensions ; toutefois les thermomètres ne se construisent pas indifféremment avec tous les corps : les dilatations des solides sont ordinairement trop faibles, celles des gaz trop fortes ; on préfère se servir des dilatations des liquides, et on choisit entre

tous le mercure, parce qu'il a le double avantage de se mettre facilement en équilibre de température et d'avoir une dilatation à peu près *uniforme* dans des limites de température assez éloignées. Un corps se dilate uniformément quand il prend des accroissements égaux de volume pour des accroissements égaux de chaleur.

Sa construction et sa graduation.—Pour construire un thermomètre, on enferme le liquide dans un petit appareil de verre (fig. 29), consistant en un réservoir cylindrique ou sphérique surmonté d'un tube d'un diamètre assez fin, bien égal partout. L'élévation ou l'abaissement du mercure dans ce tube indiquent les variations de la température. Mais, pour rendre ces indications comparables entre elles, on choisit deux températures fixes et connues, auxquelles on expose successivement le thermomètre, et l'on marque avec soin sur le tube de l'instrument le point où s'arrête la colonne thermométrique, quand l'équilibre de température est établi. L'espace compris entre ces *deux points fixes* est alors divisé en un certain nombre de parties égales. Ces divisions sont ensuite prolongées de part et d'autre des points fixes; leur ensemble forme ce qu'on appelle une *échelle thermométrique,* et chacune d'elles est un *degré* du thermomètre.

Pour *graduer* un thermomètre, les deux températures fixes qu'on emploie ordinairement sont la température de la glace fondante et celle de l'eau

bouillante. Les points correspondants à ces deux températures s'obtiennent en plongeant successivement le thermomètre à graduer dans la glace en fusion, et dans l'eau bouillante, ou mieux dans la vapeur d'eau qui est en ébullition. Si l'espace compris entre ces deux points est divisé en 100 degrés, on a un *thermomètre centigrade*. Mais si ce même espace ne contient que 80 degrés, on a un *thermomètre selon Réaumur* (*). Dans l'un et l'autre, la température de la glace fondante se marque 0; les degrés qui correspondent aux températures supérieures sont marqués 1, 2, 3, etc., à mesure que les températures s'élèvent. De même, les degrés qui correspondent aux températures inférieures à celle de la glace fondante sont 1, 2, 3, etc., à mesure que les températures baissent. Mais pour distinguer les seconds des premiers, on a soin d'exprimer qu'ils sont pris au-dessous de zéro; dans l'écriture, on les fait quelquefois précéder simplement du signe —, comme —4°, —7°, etc., qui s'énoncent *moins quatre degrés*, *moins sept degrés*, ou *quatre degrés sous zéro*, *sept degrés sous zéro*, etc. Du reste, les divisions de l'échelle thermométrique se tracent, ou sur le tube de l'instrument lui-même, ou sur une bande de papier enfermée dans un tube soudé parallèlement au premier, ou bien sur une

(*) On voit par là qu'un degré centigrade n'est que les $\frac{4}{5}$ d'un degré Réaumur.

planchette sur laquelle on fixe le thermomètre.

96. *Thermomètre à esprit-de-vin.* — Quelquefois encore on emploie dans la construction des thermomètres de l'esprit-de-vin ou *alcool* coloré en rouge, au lieu de mercure. La graduation de ces thermomètres est d'ailleurs la même que celle des précédents. On s'en sert particulièrement pour mesurer les basses températures, parce que l'alcool peut être exposé au plus grand froid connu sans se congeler, tandis que le mercure se gèle vers — 39°. Mais pour les températures un peu élevées, il faut faire usage du thermomètre à mercure.

Il existe encore d'autres thermomètres que ceux que nous venons de faire connaître; mais la description de tous ces instruments nous mènerait trop loin. Nous ne parlerons pas davantage des *pyromètres* ou instruments destinés à apprécier les hautes températures.

97. Équilibre de température. — Il nous est facile actuellement de démontrer par l'expérience que les corps dispersés dans l'espace tendent sans cesse à se mettre en équilibre de température. Que l'on prenne un corps chaud, comme serait un vase contenant de l'eau à 60°, par exemple, et qu'on dispose tout alentour des thermomètres très-sensibles, en même temps qu'un autre thermomètre, plongé dans le liquide, en indiquera la température à chacun des instants de l'expérience; on verra le mercure baisser dans ce dernier thermomètre en même temps qu'il

s'élèvera dans les autres, jusqu'à ce que tous marquent la même température.

Si on remplaçait le corps chaud par un corps froid, qui serait, je suppose, un morceau de glace, les thermomètres disposés autour de ce corps baisseraient, comme si la glace émettait un fluide frigorifique. Voici l'explication de tous ces phénomènes : d'abord il n'y a pas de corps *froids* proprement dits, en ce sens qu'il n'y a pas de corps absolument privés de chaleur. Les corps que nous appelons *froids* peuvent produire sur des corps plus froids encore des phénomènes tout à fait semblables à ceux que les corps chauds produisent sur des corps moins chauds ; ainsi, tous les corps possèdent une certaine quantité de chaleur plus ou moins considérable. Ce fluide, extrêmement mobile, est sans cesse en mouvement, se portant d'un corps sur un autre à travers l'espace vide ou rempli d'un fluide pondérable, en sorte que tous les corps émettent continuellement de la chaleur en même temps qu'ils en reçoivent de ceux qui les environnent. Si, par cet échange continuel, ils gagnent plus de chaleur qu'ils n'en perdent, leur température s'élève ; s'ils perdent autant qu'ils gagnent ; leur température reste stationnaire ; enfin, s'ils perdent plus qu'ils ne gagnent, leur température baisse. C'est le cas du thermomètre placé vis-à-vis d'un morceau de glace : cette glace envoie au thermomètre moins de chaleur que le thermomètre ne lui en envoie lui-même.

C'est par une raison semblable que nous éprouvons une sensation de chaleur quand, l'hiver, nous pénétrons dans une cave; tandis que c'est de la fraîcheur ou du froid que nous sentons quand nous y pénétrons pendant l'été. La température de ces souterrains est à peu près constante; mais, en hiver, notre corps, extérieurement plus froid, reçoit de l'enceinte où il pénètre plus de chaleur qu'il n'en donne, et dans l'été, au contraire, il en perd plus qu'il n'en gagne, d'où vient qu'il semble que nous en recevions du froid.

Ces effets sont d'autant plus sensibles qu'il y a une plus grande différence de température dans les corps entre lesquels s'opèrent les échanges de chaleur.

98. Rayonnement de la chaleur. — Ces échanges n'ayant point seulement lieu entre les corps en contact, mais encore à distance et dans le vide, on en conclut qu'ils se font par une sorte de rayonnement semblable à celui par lequel la lumière s'élance de ses sources, pour se porter à travers l'espace sur les corps qu'elle éclaire. Il y a donc un *rayonnement calorifique semblable au rayonnement lumineux*.

99. Décroissement de la chaleur. — L'intensité de la chaleur apportée par les rayons calorifiques décroît rapidement à mesure que l'on s'éloigne du foyer ou de la source de chaleur.

La loi de ce décroissement est ainsi formulée : *Les intensités de la chaleur sont en raison in-*

verse des carrés des distances, c'est-à-dire que si une même surface est exposée devant une source de chaleur à des distances successives qui soient entre elles comme les nombres 1, 2, 3, etc., les quantités de chaleur qu'elle recevra à ces différentes distances seront entre elles comme les nombres 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, etc., ou bien les quantités de chaleur reçues aux distances 2, 3, etc., seront quatre fois, neuf fois, etc., moins considérables qu'à la distance 1.

100. ABSORPTION DE LA CHALEUR OU POUVOIR ABSORBANT DES CORPS. — Tous les corps ne sont pas également pénétrables à la chaleur. L'état de leurs surfaces, leur couleur, modifient singulièrement l'action de ce fluide.

Les surfaces dépolies, hérissées d'aspérités, le laissent pénétrer, l'*absorbent* avec plus ou moins de facilité. Il en est de même des couleurs ternes; la couleur noire possède le pouvoir absorbant le plus considérable; la couleur blanche, au contraire, est assez difficilement perméable. Il n'y a cependant rien d'absolu dans ces rapports; car le pouvoir absorbant des substances colorées ne dépend pas seulement de la couleur, mais encore de la matière colorante. Celle qui s'est toujours offerte avec le pouvoir absorbant le plus considérable est le *noir de fumée*.

Toutes ces propriétés se constatent par l'expérience. Que l'on expose aux rayons de la même source de chaleur deux thermomètres dont les bou-

les soient revêtues, l'une d'un morceau d'étoffe noire, l'autre d'un morceau d'étoffe blanche, on verra le mercure mouter bien plus rapidement dans le premier que dans le second.

Que l'on étende sur la surface de la neige deux couvertures, l'une noire et l'autre blanche, on reconnaîtra que la neige ne se fondra pas sous celle-ci, tandis qu'elle diminuera sensiblement sous l'autre : aussi, dans certaines montagnes, a-t-on l'habitude de répandre des terres noires ou des cendres sur la neige pour en hâter la fusion.

101. Réflexion de la chaleur. — Sur une surface métallique polie, comme celle d'un miroir, les rayons calorifiques semblent s'amortir; la température du métal ne varie presque point. D'où vient cela? De ce que la majeure partie ou la presque totalité des rayons qui tombent sur la surface polie sont renvoyés ou *réfléchis* par cette surface.

Mais si on la rayait, ou mieux si on la couvrait d'une couche de noir de fumée, ce pouvoir réfléchissant se changerait en pouvoir absorbant.

L'expérience suivante est des plus propres à rendre sensible la loi de la réflexion de la chaleur. A B, A′ B′ (fig. 30) sont deux miroirs sphériques concaves placés en regard l'un de l'autre et séparés par une certaine distance. Au foyer principal F′ de l'un d'eux, c'est-à-dire au point où viendrait se former l'image d'une lumière très-éloignée, située en face de ce miroir, on dispose un morceau d'amadou; au foyer de

l'autre miroir on dispose un corps chaud, par exemple, des charbons ardents enfermés dans un petit panier en fil de fer ou un boulet rougi au feu. Au bout de quelques instants l'amadou est enflammé et les miroirs sont à peine échauffés. Les lignes ponctuées de la figure indiquent la direction des rayons calorifiques qui produisent ces phénomènes. On voit comment, partis du point F pour tomber sur le miroir A B, ils subissent sur sa surface polie une première réflexion qui les amène sur le miroir A′ B′, et comment après une seconde réflexion sur A′ B′, ils viennent se concentrer sur le morceau d'amadou en F′.

102. Pouvoir rayonnant.—Les corps qui se distinguent par un plus grand pouvoir absorbant possèdent aussi un pouvoir rayonnant plus considérable. Par conséquent, les corps qui s'échauffent le plus vite par rayonnement sont aussi ceux qui se refroidissent le plus promptement.

103. Applications. — Des propriétés précédentes résultent une foule d'applications.

Ainsi, les habits blancs sont préférables en toutes saisons aux habits noirs. En été, ils absorberont moins la chaleur du soleil, et en hiver ils rayonneront moins la chaleur du corps.

Pour faire chauffer promptement un liquide, on prendra un vase noirci extérieurement. Mais, pour le conserver longtemps chaud, on choisira un vase à surface métallique polie.

Des tuyaux de poêle en tôle noircie donneront plus de chaleur à distance que les tuyaux en cuivre poli.

Pour qu'une cheminée chauffe bien, il faut se garder de la noircir intérieurement, comme on a l'habitude de le faire. Il faut, au contraire, la revêtir de carreaux de faïence blanche, ou mieux de plaques de métal polies, disposées de manière qu'elles réfléchissent vers l'appartement les rayons calorifiques qu'elles reçoivent du foyer.

104. Conductibilité. — La chaleur ne se propage pas également bien dans l'intérieur de tous les corps. On sait, par exemple, qu'on peut faire rougir un morceau de charbon, même fort court, par une de ses extrémités, et le tenir à la main par l'autre, sans rien éprouver; tandis qu'on ne pourrait faire la même chose avec une tige de fer de même longueur, car on se brûlerait. La chaleur se propage donc plus facilement dans le fer que dans le charbon. C'est ce que l'on exprime en disant que le fer est meilleur *conducteur* de la chaleur que le charbon. Les corps se distinguent donc par leurs propriétés conductrices ou leur *conductibilité* pour la chaleur, comme par leurs autres propriétés.

Les métaux sont de tous les corps ceux qui conduisent le mieux la chaleur, ce qui ne veut pas dire qu'ils la conduisent tous également bien. Ainsi, l'or est meilleur conducteur que l'argent; celui-ci que le cuivre; le cuivre que le fer; le fer, meilleur conducteur que l'étain, etc.

Les oxydes (253), les pierres, la porcelaine, les terres, les bois, sont en général de *mauvais conducteurs ;* la laine, la soie, sont dans le même cas.

Les liquides sont de très-mauvais conducteurs.

Les gaz sont peut-être encore plus mauvais conducteurs, surtout quand leurs molécules ne peuvent se mouvoir librement.

Aussi, pour rendre l'air plus mauvais conducteur, il faut gêner le mouvement de ses molécules par le moyen de corps légers, tels que des plumes, du coton, etc. C'est pour cette raison que les édredons, les habits ouatés, ainsi que les fourrures, forment des vêtements très-chauds, quoique fort légers.

105. Applications. — De ces inégalités dans les pouvoirs conducteurs des corps, ressortent de nouvelles applications pour les usages de la vie. Les fourneaux destinés à concentrer la chaleur sur une substance seront construits avec des corps mauvais conducteurs, avec des briques, par exemple ; mais, pour chauffer rapidement une salle, un poêle en fonte sera préférable à un poêle en briques ou en faïence. Si l'on veut conserver la chaleur de son corps, il faut se servir de vêtements de laine, ou bien le couvrir d'étoffes garnies de fourrures, de ouate ou d'édredon (115). Dans le cas contraire, il convient de s'habiller de lin, de chanvre, qui sont bons conducteurs. C'est encore parce que la laine est mauvais conducteur que, pendant l'été, on enve-

loppe la glace qu'on veut transporter, de couvertures de laine fort épaisses : cette laine défend la glace de l'action de la température extérieure. Les vases métalliques destinés à être chauffés sont munis ordinairement de manches en bois qui, ne propageant point la chaleur, permettent de les saisir sans se brûler.

DIXIÈME LEÇON.

DILATATION. — REFROIDISSEMENT DES CORPS.

106. Cause de la dilatation. — La chaleur absorbée par les corps exerce en général sur leurs molécules une action qui tend sans cesse à les écarter les unes des autres, et par conséquent à augmenter les volumes.

L'énergie de cette action croît et décroît avec la température, en sorte que, celle-ci diminuant, les volumes diminuent pareillement. En un mot, les

corps se dilatent par la chaleur, et se contractent par le refroidissement.

107. Différence entre les dilatations des corps solides, liquides et gazeux. — Tous les corps, soit solides, soit liquides, soit gazeux, éprouvent donc des changements de volume pour chacune des variations de température auxquelles ils sont soumis. Mais il y a une grande différence dans la manière dont s'accomplissent ces modifications dans ces trois espèces de corps. Elles sont assez faibles dans les solides, plus fortes dans les liquides, et très-grandes pour les gaz.

De plus, la dilatation des gaz est uniforme. La dilatation des liquides est généralement irrégulière : seulement, cette irrégularité se fait remarquer beaucoup plus tard dans le mercure et dans les huiles fixes que dans les autres liquides, parce que la température de l'ébullition des premiers est beaucoup plus élevée.

Enfin les dilatations des solides, régulières et uniformes tant que la température ne dépasse pas 100°, ne le sont plus aux températures supérieures.

108. Maximum de densité de l'eau. — L'eau présente un phénomène bien remarquable : à partir de 4° au-dessus de 0° elle augmente de volume, en se refroidissant, en sorte que c'est vers 4° qu'elle atteint sa plus grande densité.

On a donné une grande importance au maximum de densité de l'eau, en l'adoptant pour définir l'u-

nité de poids ou le *gramme* dans le système métrique. Ce que l'on appelle gramme n'est autre chose que le poids d'un centimètre cube d'eau pure, prise à la température de 4°, 1.

109. Effets mécaniques produits par la chaleur. — La chaleur, en changeant la dimension des corps, peut produire des effets mécaniques très-puissants.

Une voûte du Conservatoire des arts et métiers, à Paris, se trouvait fendue et menaçait de s'écrouler par l'écartement des deux murs d'appui. On traversa ces deux murs de plusieurs barres de fer terminées à l'une de leurs extrémités par un fort boulon, et à l'autre par un pas de vis muni d'un écrou. On chauffait ces barres de fer, et, pendant qu'elles s'allongeaient, on serrait l'écrou contre la muraille, puis on laissait refroidir. La contraction du métal ramenait alors les murs l'un vers l'autre. En répétant ce procédé un certain nombre de fois, la voûte se referma, et l'on n'eut plus à craindre pour sa conservation.

Il n'est pas rare de voir des barres de fer, scellées par les deux bouts pendant les grands froids, se courber pendant les grandes chaleurs, ou bien les barreaux d'une grille, solidement fixés par les deux extrémités, lorsqu'ils étaient dilatés par une forte chaleur, se rompre par l'effet de la contraction qu'ils subissent dans les fortes gelées. On évite

ces accidents en faisant en sorte que ces barreaux ne soient retenus que par une de leurs extrémités, et qu'ils puissent jouer librement par l'autre.

C'est encore pour se mettre à l'abri des effets de la dilatation du fer qu'on ne serre jamais l'une contre l'autre les extrémités des barres de fer qui forment les rails des chemins de fer. La même précaution s'observe dans l'assemblage des cylindres en fonte qu'on destine à servir de tuyaux de conduite.

On sait que les ustensiles de verre, les poteries, se brisent lorsqu'on les fait passer brusquement d'une température à une autre très-différente. Cela vient de ce que ces matières étant mauvais conducteurs de la chaleur, quelques-unes de leurs parties sont beaucoup plus tôt contractées ou dilatées que leurs parties voisines, ce qui produit une séparation violente entre les molécules, un déchirement dans la matière du vase. Cet effet est surtout remarquable quand les parois du vase sont d'inégale épaisseur.

C'est par la même raison que ces parois se brisent en ne dirigeant la chaleur que sur un seul point.

Ceux de ces vases dans lesquels la chaleur se propage avec le plus de facilité sont donc les plus résistants. Tels sont, parmi les vaisseaux de verre, ceux qui sont les plus minces et qui ont partout à peu près la même épaisseur; et, parmi les poteries, celles dont la matière est la plus poreuse.

110. **Effets produits par la dilatation des liquides et des gaz.** — Les dilatations des liquides et des gaz produisent d'autres phénomènes non moins curieux que les précédents.

Qui ne connaît les terribles effets de la poudre à canon? Ils ne sont dus qu'à l'expansion subite des gaz qui se trouvent, pour ainsi dire, condensés dans cette préparation.

La vapeur de l'eau chauffée en vase clos est capable de produire des effets encore plus étonnants. Nous verrons quelles applications importantes on a faites de cette force expansive (123).

C'est l'air dilaté dans nos foyers qui, en s'élevant dans le tuyau d'une cheminée, entraîne avec lui la fumée et tous les produits volatils de la combustion. Les cheminées à tuyaux très-étroits sont moins sujettes à fumer que les autres, parce que le courant d'air ascendant y est plus rapide.

Pendant que l'air dilaté monte dans le tuyau de la cheminée, l'air plus dense de l'appartement et du dehors afflue vers le foyer pour remplacer celui qui s'élève; de là ce courant inférieur d'air froid qui se fait sentir aux jambes près des cheminées, et qui se précipite avec tant de violence dans la bouche des poêles, qu'il y porte les corps légers environnants.

Nous pourrions citer les noms de plusieurs femmes qui ont péri victimes de leur imprudence en

s'approchant trop près d'un foyer avec des robes légères.

Fourneau d'appel. Dans plusieurs mines on renouvelle l'air des galeries en établissant un courant semblable à celui de nos cheminées, au moyen d'un fourneau placé à l'ouverture d'un puits, et auquel on donne le nom de *fourneau d'appel.* L'air extérieur pénètre dans les galeries par un autre puits, et les parcourt dans toute leur longueur pour se rendre à l'ouverture du premier, où il est appelé par l'air ascendant.

Vasistas. Les vasistas placés dans les salles où se tiennent des réunions nombreuses, sont destinés pareillement à renouveler l'air de ces salles. L'air intérieur, échauffé, et par conséquent dilaté par la présence des personnes assemblées, s'élève vers la partie supérieure de la salle, se déverse et sort par le vasistas, tandis qu'un autre air pur et frais arrive du dehors pour remplacer l'air chaud et vicié qui s'en va.

Les bouches de chaleur que l'on adapte aux poêles et aux cheminées ne sont encore que des courants d'air chaud produits par la dilatation.

111. Changement d'état des corps. — La dilatation, ou bien la contraction, est le premier phénomène qui accompagne le changement de température des corps; mais il y en a d'autres.

Si le corps chauffé est solide, et que la source de chaleur ait une intensité suffisante, il arrive un

moment où le corps quitte l'état solide pour passer à l'état liquide. Alors la température du corps reste stationnaire jusqu'à ce que le changement d'état soit accompli dans toute la masse; c'est ainsi que de la glace qui se fond marque la même température $0^{d.}$, jusqu'à ce que la fusion soit opérée complétement.

Lorsque le corps est liquide, qu'il soit à cet état naturellement ou qu'il y ait été amené, comme nous venons de le dire, il arrivera pareillement qu'en augmentant indéfiniment sa température, on le fera passer de l'état liquide à l'état gazeux; c'est ce que nous voyons tous les jours dans nos foyers, où l'eau chauffée jusqu'à $100^{d.}$ prend l'état de fluide aériforme sous le nom de vapeur. Mais il est à remarquer aussi que la température du liquide qui se gazéifie reste stationnaire comme la température du solide qui se liquéfie.

Chaleur latente. — Que devient donc toute la chaleur communiquée à l'un et à l'autre corps pendant que s'accomplit le changement d'état? Elle semble se combiner avec la matière pondérable pour la maintenir dans son nouvel état; de là le nom de *chaleur combinée*, par lequel on la désigne quelquefois. On l'appelle aussi *chaleur latente*, parce qu'elle n'agit point sur le thermomètre; celle qui agit sur cet instrument s'appelle, par opposition, *chaleur libre*, ou *chaleur sensible.* On donne aussi le nom de *chaleur de liquéfaction* à celle qui est

nécessaire pour maintenir un corps à l'état liquide, et celui de *chaleur de vaporisation* à celle qui se combine avec un liquide pour le transformer en vapeur.

Si, en augmentant indéfiniment la température d'un corps, il est possible de le faire passer successivement de l'état solide à l'état liquide, puis à l'état de fluide aériforme; réciproquement, en exposant un gaz à un refroidissement suffisant, on l'amènera d'abord à se liquéfier, puis à se solidifier. Ces sortes d'expériences ont été faites sur un assez grand nombre de corps pour qu'on en puisse conclure à bon droit que tous se comporteraient de la même manière si on possédait les moyens d'augmenter ou d'abaisser indéfiniment leur température.

112. *Évaluation de la chaleur de liquéfaction et de la chaleur de vaporisation de l'eau.* — Bien que la chaleur combinée n'agisse point sur le thermomètre, il n'est cependant pas impossible d'estimer les quantités de chaleur qui se trouvent absorbées dans le changement d'état des corps. C'est ainsi, par exemple, qu'on a déterminé par l'expérience que la quantité de chaleur nécessaire pour faire passer de l'état solide à l'état liquide une masse de glace à 0° est équivalente à la quantité de chaleur qui élèverait de 0° à 75° la température d'une masse égale d'eau liquide. Telle est la chaleur de liquéfaction de l'eau.

On a démontré pareillement que la chaleur de

vaporisation du même corps, ou que la quantité de chaleur nécessaire pour faire passer un poids d'eau déterminé de l'état liquide à l'état gazeux, est la même que celle qui élèverait de 0° à 100° une masse d'eau cinq fois et demie aussi considérable.

On ne sera plus étonné, d'après cela, de voir des masses de glace rester solides pendant des temps considérables au milieu d'un air dont la température surpasse même de beaucoup celle de la liquéfaction de l'eau; et on concevra sans peine comment la vapeur qui abandonne sa chaleur latente, en repassant à l'état liquide, puisse devenir elle-même une source intense de chaleur. On s'en sert pour chauffer des bains et de vastes édifices.

113. *Froids artificiels.* — Comme la fusion d'un corps ne peut s'opérer que par l'absorption d'une quantité plus ou moins grande de fluide calorifique, il en résulte que si, par une cause quelconque, autre que l'action d'une source directe de chaleur, on amène un corps solide à entrer en fusion, il faudra qu'il prenne aux corps environnants la quantité de fluide nécessaire à son changement d'état, et que par conséquent ceux-ci éprouvent un certain abaissement de température.

Ainsi, qu'on mêle une partie de sel marin avec trois parties de neige ou de glace pilée, l'affinité du sel marin pour l'eau détermine la fusion de la glace; le mélange passe à l'état liquide, et un thermomè-

tre qui y serait plongé peut s'abaisser jusqu'à 20° sous zéro.

Les glaciers se servent de ce mélange pour faire congeler les sirops dont ils composent ensuite leurs *glaces*.

Par d'autres *mélanges réfrigérants*, on peut produire des froids artificiels de 60 à 80 degrés.

Un liquide obligé, pour se constituer à l'état de vapeur, d'emprunter du calorique aux corps environnants, produit pareillement dans ces corps un abaissement de température souvent considérable.

C'est à cette cause qu'est due la sensation de froid que nous éprouvons quand il nous est tombé sur les mains quelques gouttes d'éther ou même d'eau de Cologne. Le froid que l'on sent au sortir du bain provient pareillement de l'évaporation de la couche d'humidité qui couvre encore les membres. L'effet des éventails pendant les chaleurs de l'été est dû en partie à une cause tout à fait analogue. Ces élégants ventilateurs, par le mouvement qu'ils impriment à l'air, accélèrent l'évaporation de la transpiration cutanée, qui ne peut s'effectuer qu'en enlevant de la chaleur au corps : de là cette sensation momentanée de frais que l'on éprouve.

Dans les pays chauds, on forme d'une terre extrêmement poreuse des vases que l'on nomme *alcarazas*. Ces vases étant remplis d'eau, on les suspend dans un lieu où règne habituellement un courant d'air. Une partie du liquide suinte lentement à tra-

vers les pores de l'alcaraza, et s'évapore. La température du vase s'abaisse par l'effet de cette évaporation, et l'eau qu'il contient se trouve parfaitement rafraîchie.

Si l'eau jetée, en quantité suffisante, sur un incendie, éteint cet incendie, c'est surtout parce qu'en se vaporisant elle enlève aux corps embrasés une grande partie de la chaleur qui produit la combustion, en même temps qu'elle intercepte la communication entre l'air et le foyer de l'incendie. Nous avons dit que cette eau devait être en quantité suffisante; s'il en était autrement, loin d'éteindre le feu, elle ne ferait qu'augmenter son ardeur; car l'eau se compose de deux substances (260) qui peuvent être séparées par une haute température : or, l'une de ces substances est extrêmement combustible, et l'autre est le principe de la combustion.

L'abaissement de température produit par le passage de l'état liquide à l'état gazeux peut aller jusqu'à congeler l'eau et même le mercure, bien que ce dernier corps ne se solidifie qu'à 39° au-dessous de zéro.

On dispose sous le récipient de la machine pneumatique deux vases, l'un contenant de l'eau et l'autre de l'acide sulfurique, liquide extrêmement avide d'eau, puis on fait le vide. Une partie de l'eau se vaporise en prenant de la chaleur au liquide restant et au vase qui le contient. Mais comme l'acide sulfurique absorbe cette vapeur à mesure qu'elle se

forme, il se produit une évaporation continuelle qui, faisant éprouver à l'eau qui n'est point encore vaporisée une perte continuelle de chaleur, l'amène bientôt au point de congélation.

Pour que cette expérience réussisse plus facilement, le vase qui contient l'eau est en métal mince et a la forme d'une soucoupe peu profonde. Il est soutenu par trois pieds qui posent sur les bords du vase qui contient l'acide sulfurique. Ce second vase n'est qu'une coupe en verre à large ouverture, afin que l'acide sulfurique présentant une plus grande surface à la vapeur d'eau, celle-ci soit absorbée plus rapidement.

La tendance à l'évaporation se maintient encore dans l'eau glacée, même aux plus basses températures : en sorte que, si l'on avait disposé dans l'eau de l'expérience précédente une petite boule de verre remplie de mercure, et qu'en même temps on eût entouré le récipient d'un mélange frigorifique (113), le mercure lui-même se congélerait par le froid résultant de la transformation de la glace en vapeur.

L'acide carbonique (273) liquéfié, puis solidifié au moyen d'un appareil convenable, absorbe une telle quantité de chaleur en repassant à l'état gazeux, que le mercure en contact avec cet acide se prend instantanément en une masse solide, au point qu'il est possible d'en frapper des médailles.

ONZIÈME LEÇON.

PROPRIÉTÉS DES VAPEURS.—SOURCES DE LA CHALEUR.

114. Évaporation. — Nous voyons tous les jours de l'eau exposée à l'air dans des vases ouverts, diminuer assez rapidement de volume, et laisser même les vases à sec, quelle que soit d'ailleurs la température de l'air ambiant. Cette propriété n'est point particulière à l'eau, mais appartient à presque tous les liquides. Il faut bien reconnaître que, dans ce phénomène, le nombre des couches liquides diminue parce qu'elles se transforment successivement en vapeurs qui se mêlent à la masse atmosphérique.

Cette transformation spontanée d'un liquide en vapeur a reçu le nom d'*évaporation.*

Mais, quand le liquide est exposé à une source directe de chaleur, la formation de la vapeur provoquée par l'action de la chaleur n'a pas lieu seulement à la surface; ce changement d'état se produit

encore au sein même de la masse liquide, et la transformation marche d'autant plus vite que la source de chaleur est plus forte. Pour distinguer ce second phénomène du premier, nous lui donnerons le nom de *vaporisation*.

Le phénomène de l'évaporation se produit sur la surface des mers, des lacs et des rivières, comme dans les vases qui servent à nos usages ou à nos expériences.

Il est une cause très-active de l'abaissement de niveau dans les amas d'eau qui présentent une surface d'une grande étendue. Ainsi, des lacs reçoivent des cours d'eau considérables, sans déborder, bien qu'il n'y ait cependant pas d'écoulement apparent. On pourrait croire que ces eaux se perdent dans le sein de la terre, tandis qu'en réalité elles s'échappent par l'air.

115. Causes favorables a l'évaporation. — Deux causes favorisent l'évaporation : la première est l'agitation de l'air qui chasse les couches atmosphériques déjà saturées de vapeur par leur contact avec la surface liquide, et en amène d'autres non encore saturées. En effet, qui n'a observé, par exemple, qu'un linge humide sèche plus vite lorsqu'il fait du vent que si l'air est calme?

Si un courant d'air dirigé sur un liquide chaud le refroidit, c'est qu'il en hâte l'évaporation. En second lieu, plus la température de l'air est élevée, plus il peut recevoir de vapeur : aussi voit-on l'é-

vaporation s'effectuer plus vite par un temps chaud que par un temps froid.

116. LOI REMARQUABLE DE L'ÉVAPORATION. — Une loi bien remarquable de l'évaporation, c'est qu'un espace saturé de vapeur pour une température déterminée, ne contient ni plus ni moins de vapeur, que cet espace soit vide ou déjà plein d'un fluide gazeux, comme l'air, à une densité quelconque. Toute la différence, c'est que la vapeur envahit instantanément le vide, et qu'il lui faut du temps pour se mêler avec les gaz.

117. ÉBULLITION. — L'évaporation est un phénomène tranquille, tandis que la vaporisation est ordinairement accompagnée d'un autre phénomène tumultueux qu'on nomme *ébullition*, et qui est produit par des globules de vapeur qui se forment au sein même du liquide, qu'ils soulèvent ensuite pour venir crever à la surface.

L'ébullition est généralement précédée d'une sorte de frémissement qu'on peut attribuer d'abord au dégagement de l'air ou des gaz que le liquide tient en dissolution. Si ce gaz dilaté ne peut s'échapper que par une issue très-étroite, comme il arrive dans certaines bouilloires, le frémissement se change en une sorte de sifflement quelquefois très-aigu. Mais le frémissement qui précède le soulèvement de la masse liquide est dû à une autre cause encore que celle qui vient d'être donnée. Lorsqu'on observe attentivement le phénomène, on voit s'é-

lever, des couches voisines de la source de chaleur, des bulles qui disparaissent avant d'atteindre la surface. Ces bulles, formées de vapeur, rencontrent sur leur passage des couches assez froides pour s'y condenser subitement, ce qui imprime à la masse entière une vibration d'où naît le bruit particulier dont nous parlons.

118. Température d'ébullition pour les différents liquides. — Tous les liquides n'entrent pas en ébullition à la même température. Ce phénomène a lieu pour l'eau pure à 100°, pour l'éther sulfurique à 35°,6, pour l'alcool ou esprit-de-vin à 78°,4, le soufre à 200° environ, l'huile de lin à 315°, le mercure à 350°.

En projetant du sel marin dans l'eau, on retarde son point d'ébullition de 8° ou 9°.

119. Distillation. — C'est sur cette propriété des substances d'être volatiles à différents degrés de température qu'est fondé l'art du distillateur. On conçoit, par exemple, qu'en élevant un mélange d'eau et d'esprit-de-vin à la température de 79° seulement, on opérera la séparation partielle de ces deux liquides.

Ces sortes d'opérations s'exécutent dans des vases nommés *alambics*.

Alambic. — L'alambic (fig. 32) dont on se sert ordinairement se compose de trois parties : 1° une *cucurbite* C, espèce de chaudron en cuivre, disposé sur un fourneau convenable, et où se met la subs-

tance à distiller; 2° un chapiteau C′, fermant exactement l'ouverture de la cucurbite; 3° un serpentin S, qui est un long tube métallique contourné en spirale et plongé dans un vase, souvent un simple tonneau, contenant de l'eau froide. La vapeur qui se forme dans la cucurbite s'élève dans le serpentin, s'y condense, et vient sortir à l'état liquide par l'extrémité inférieure O de ce tube. C'est avec un appareil de ce genre qu'on sépare l'eau de certains sels qu'elle contient en dissolution, et qu'on se procure ce liquide à l'état de pureté sous le nom d'*eau distillée*.

120. Force élastique de la vapeur d'eau. — De l'eau qui ne bouillirait dans l'air qu'à une température de 100°, éprouve dans le vide, sous le récipient de la machine pneumatique (69), une véritable ébullition à toutes les températures. Quelle est donc la cause qui retarde ce phénomène dans le premier cas? Elle est facile à apercevoir : ce ne peut être que la pression exercée par l'air sur la surface du liquide. Donc un liquide ne peut entrer en ébullition sous la pression atmosphérique qu'au moment où la force élastique de sa vapeur est devenue capable de faire équilibre à cette pression. Suivant que celle-ci est plus ou moins considérable, l'ébullition a lieu plus tard ou plus tôt. C'est pour cela qu'un même liquide bout sur les hautes montagnes à un moindre degré de température que dans la plaine. Ainsi, à Quito, l'eau bout à 90°,

et sur le sommet du mont Blanc, à 84° seulement; en sorte qu'il serait impossible d'y faire cuire certains aliments qui exigent une plus haute température, à moins de précautions particulières (121).

Par la même raison, dans la plaine, l'eau bout à un moindre degré de température qu'au fond d'une mine profonde.

Si un liquide était soumis à une pression indéfinie, serait-il possible d'en élever indéfiniment la température? On le pourrait certainement, s'il était possible de former des vases d'une matière assez solide pour résister aux forces élastiques croissantes de la vapeur qui se forme. C'est d'après ce principe qu'on élève déjà l'eau à de très-hautes températures dans l'appareil si connu sous le nom de *marmite* ou *digesteur de Papin.*

121. Marmite de Papin. — C'est un vase cylindrique en bronze très-épais. Lorsqu'il est rempli d'eau, on le ferme hermétiquement avec un couvercle, qu'on presse sur ses bords au moyen d'une forte vis. Une petite ouverture, pratiquée dans la paroi supérieure de l'appareil, est bouchée par une soupape, qu'un levier chargé de poids applique contre cette ouverture avec un effort équivalent à plusieurs atmosphères.

Lorsqu'on échauffe le vase ainsi fermé, la vapeur qui se forme et ne peut d'abord s'échapper, presse la surface du liquide, qui passe à des températures de plus en plus élevées. Mais la densité de la vapeur

augmente avec la température, et sa force élastique acquiert à chaque instant un nouveau degré d'intensité. Il arrive donc une époque où la tension intérieure égale la charge de la soupape. Celle-ci s'ouvre alors et donne issue à la vapeur, qui ne peut plus acquérir une force élastique plus grande que celle qui est nécessaire pour produire cet effet. A ce moment aussi le liquide atteint sa plus haute température.

La charge de la soupape étant arbitraire, on en dispose pour limiter la tension finale de la vapeur, et par suite la plus haute température de l'appareil. On peut éviter ainsi qu'un accroissement de tension trop considérable ne produise sur le vase un effet pareil à celui de la poudre qui fait éclater une bombe, et c'est pour cette raison qu'on donne au mécanisme dont il s'agit le nom de *soupape de sûreté.*

Lorsque la marmite de Papin est convenablement échauffée, et qu'on enlève tout à coup la soupape, la vapeur s'échappe avec un sifflement qui peut donner une idée de la force avec laquelle elle s'élance du vase; au même instant la température baisse jusqu'à 100°, et le phénomène se réduit à celui de l'ébullition ordinaire de l'eau.

122. UTILITÉ DE LA MARMITE DE PAPIN. — Le digesteur fut inventé par Papin vers le milieu du XVIIe siècle. Il servit à démontrer la puissance mécanique de la vapeur et le pouvoir dissolvant de l'eau à des températures plus hautes que 100°. On l'em-

ploie encore aujourd'hui à extraire des os une substance alimentaire très-abondante, qu'on nomme *gélatine*. La colle forte est aussi une gélatine, mais préparée avec des débris d'animaux dont on ne peut se nourrir.

La détermination de la force élastique de la vapeur d'eau à différentes températures a été regardée à juste titre par les savants comme un des problèmes les plus intéressants et les plus utiles de la physique.

Il nous est impossible de les suivre ici dans leurs travaux; mais parmi les belles applications auxquelles ces travaux ont conduit l'industrie, nous ne pouvons ne pas citer au moins les *machines à vapeur*.

123. Machines a vapeur. — On appelle ainsi toute machine dont le moteur est la force élastique de la vapeur de l'eau bouillante.

Une machine à vapeur, telle du moins qu'on les emploie aujourd'hui, se compose essentiellement de trois choses, savoir : 1° une chaudière, où l'eau se forme en vapeur; 2° un cylindre en fonte contenant un piston; 3° un espace appelé condenseur, parce qu'il est destiné à condenser la vapeur par le refroidissement, quand elle a produit son effet. Le condenseur est ordinairement une cavité dans laquelle on fait arriver de l'eau froide par une pomme d'arrosoir; c'est le contact de cette eau avec la vapeur qui détermine la liquéfaction de cette der-

nière ou sa condensation. Lorsqu'on emploie la vapeur comme force motrice à des températures où elle prend une force élastique de plusieurs atmosphères, on se contente souvent de la laisser s'échapper dans l'air, qui est alors le véritable condenseur.

Machines à simple effet. — Dans les machines dites à *simple effet*, la tige à piston P (fig. 33) est fixée par une articulation à une extrémité d'un balancier B, qui porte à l'autre bout un contre-poids convenable M. Lorsque le cylindre K communique avec la chaudière A, la vapeur vient exercer sous le piston une pression qui fait équilibre à la pression atmosphérique agissant sur l'autre face du piston. Alors celui-ci s'élève, entraîné par le contre-poids M. Quand il arrive à l'extrémité opposée du cylindre, la communication R avec la chaudière se ferme, celle R′ avec le condenseur C s'ouvre, la vapeur se condense, et la pression atmosphérique, reprenant le dessus, force le piston de redescendre. Quand il est revenu au point d'où il était parti, la communication R′ se ferme, celle avec la chaudière s'ouvre de nouveau, et une nouvelle quantité de vapeur vient produire un effet semblable au premier. Le piston remonte pour redescendre ensuite, et recommencer encore ce mouvement de va-et-vient, alternativement soulevé par la masse M, puis poussé par la pression atmosphérique.

Machines à double effet. — Dans la machine

dite à double effet, l'action de l'air est supprimée, et c'est la vapeur elle-même qui presse alternativement l'une et l'autre face du piston.

L'inspection de la figure 34 donnera une idée de la manière dont se produit ce double effet. Si nous supposons les communications R, R‴ ouvertes et toutes les autres fermées, la vapeur se rendra de la chaudière sous le piston, et le soulèvera. Au moment où celui-ci atteint le terme de sa course, les communications R′ et R″ s'ouvrent, et les deux autres se ferment. Alors la vapeur qui a soulevé le piston se répand dans le condenseur C, et celle de la chaudière, passant sur la seconde face du piston, le ramène à son point de départ.

La tige du piston est liée dans cette machine, ainsi que dans la précédente, à un balancier ou levier auquel elle communique un *mouvement alternatif* qui, par le moyen d'une *bielle* B (fig. 35) et d'une *manivelle* CD, se transforme en un mouvement de rotation continu, à peu près de la même manière qu'on voit le tourneur, par un simple mouvement alternatif du pied, imprimer un mouvement de révolution sur elle-même à la pièce qu'il doit façonner.

La manivelle de la machine à vapeur mène un *arbre de couche*, qui transmet le mouvement, soit à l'aile du bateau à vapeur qui fend les eaux, soit à la roue de la locomotive qui remorque un train de

wagons, soit aux instruments qui doivent travailler le bois, les métaux, etc.

Par d'autre dispositions extrêmement ingénieuses, c'est la machine elle-même qui est chargée de gouverner son propre travail. C'est elle qui ouvre et ferme à temps les communications du cylindre avec la chaudière et le condenseur; qui alimente celle-là et envoie à celui-ci l'eau froide dont il a besoin; qui modère ou excite l'activité du foyer, ainsi que la formation de la vapeur, et règle même la dépense de celle-ci; en sorte qu'une machine à vapeur n'exige guère que le service d'un homme chargé de ne la point laisser manquer de combustible.

Les premières machines à vapeur étaient loin de la perfection qu'elles possèdent aujourd'hui, et qu'elles doivent à Watt, de la ville de Glascow.

Mais si l'Angleterre a la gloire du perfectionnement, nous pouvons revendiquer pour la France la gloire de l'invention. Quand Papin donna ce simple appareil que nous appelons *marmite de Papin*, il donna la machine à vapeur.

124. Machines a vapeur a basse, a moyenne et a haute pression. — On distingue les machines à vapeur en machines à *basse*, à *moyenne* et à *haute pression,* suivant la tension à laquelle la vapeur se trouve portée dans la chaudière. Dans les premières, cette tension est comprise entre une et deux atmosphères; dans les secondes, elle est comprise

entre deux et trois atmosphères; dans les dernières, enfin, elle est supérieure à trois atmosphères.

Il est évident que la résistance des parois de l'enceinte dans laquelle se forme la vapeur doit être proportionnée à la force élastique que la vapeur doit y acquérir. Cela ne suffit pas : il faut encore que celle-ci ne puisse dépasser sa limite de tension. C'est pour cela que toute chaudière doit être munie de plusieurs soupapes de sûreté de différents genres, afin que si l'une d'elles, par une cause quelconque, venait à ne point fonctionner à temps, une autre pût du moins suppléer au défaut de la première, et éviter les accidents graves qui peuvent résulter d'un excès de tension dans la chaudière.

125. Sources de la chaleur. — Pour terminer ce que nous avons à dire de la chaleur, il ne nous reste plus qu'à indiquer ses principales sources; c'est par là que nous finirons cette leçon.

Le soleil. — La première de ces sources est, sans contredit, le soleil. Il est vrai qu'à la distance où nous sommes de cet astre, ses rayons n'élèvent guère la température de la terre au delà de 48° ; mais si on réunit ces rayons au foyer d'un miroir ardent (191), ou mieux d'une forte lentille (197), la chaleur qui se produit en ce point va jusqu'à fondre et volatiliser les métaux.

Les combinaisons chimiques, la combustion. — Nous éprouvons chaque jour que les combustibles

qui se consument dans nos foyers dégagent une grande quantité de chaleur. La *combustion* est donc une seconde source de chaleur. Dans la combustion, il se produit une combinaison chimique de l'un des principes de l'air qu'on appelle oxygène (258), avec les éléments du combustible.

Il en est des autres actions chimiques comme de la combustion; toutes dégagent de la chaleur. C'est à cette cause qu'est due la chaleur produite par la fermentation des raisins dans les cuves de nos celliers, par le foin rentré encore humide dans les granges, par les substances en décomposition, etc.

La percussion, le frottement. — La percussion, le choc, la pression, le frottement, sont encore des sources de chaleur. Un métal s'échauffe sous les coups du marteau ou sous le choc du balancier. La chaleur que l'on développe par le choc d'un morceau d'acier contre un caillou est assez forte pour porter au rouge les particules métalliques détachées par ce choc, et déterminer leur combinaison avec l'oxygène de l'air; c'est là tout le secret du briquet ordinaire. De l'air comprimé violemment dans un tube par le moyen d'un piston, dégage pareillement assez de chaleur pour enflammer l'amadou. Tel est le principe du briquet à air.

Il semblerait, dans tous ces exemples, que le principe de la chaleur logé entre les molécules des corps soit forcé d'en sortir, quand on vient à resserrer les intervalles qui séparent ces molécules.

Qui ne sait ensuite qu'une roue, en tournant rapidement sur son essieu, peut s'embraser? que le sabot d'une voiture descendant une pente rapide devient brûlant? Qui n'a entendu dire que les sauvages se procurent du feu en frottant vivement deux morceaux de bois l'un contre l'autre?

Deux morceaux de glace même entrent en fusion par l'effet d'un simple frottement, comme si la vibration que le frottement imprime aux molécules des corps frottés causait pareillement, entre les molécules du fluide de la chaleur, une vibration par suite de laquelle il deviendrait *sensible.*

Les actions moléculaires. — Il existe d'autres sources de chaleur qu'on rapporte à une simple action moléculaire, sans combinaison chimique. C'est ainsi que la température d'un corps mouillé s'élève par l'effet de la simple mouillure. C'est encore ainsi qu'en dirigeant un courant de gaz hydrogène sur du platine dans un état de division extrême, on élève au rouge blanc la température du métal, et l'on détermine la combustion de l'hydrogène. Cette ignition spontanée du platine sous l'action d'un courant de gaz hydrogène a reçu une application aussi élégante que commode dans la construction de certains briquets dits *à éponge de platine.*

L'électricité. — Enfin, une autre source de chaleur, que nous nommons la dernière, parce qu'il en sera question dans une autre leçon, mais dont la puissance l'emporte sur toutes celles que nous avons

à notre disposition, et à laquelle on doit peut-être toute la chaleur et la lumière dégagées dans les combinaisons chimiques, c'est l'électricité.

126.—*Sources de froid.* Nous avons déjà vu comment la fusion d'un solide et la transformation d'un liquide en vapeur peut occasionner un abaissement de température souvent considérable. Nous nommerons encore une autre source de froid, c'est la *dilatation*, qui augmente la capacité des corps pour la chaleur. Suspendez un thermomètre sous le récipient de la machine pneumatique, et faites le vide, vous verrez la colonne thermométrique baisser à mesure que l'air environnant se raréfiera.

Cette propriété est une des causes du froid qui règne habituellement dans les hautes régions de l'air.

DOUZIÈME LEÇON.

ÉLECTRICITÉ.

127. Origine. — On avait très-anciennement reconnu que l'ambre jaune ou succin, après avoir été frotté, acquérait la propriété d'attirer à lui les corps légers environnants.

On a supposé que ce phénomène était dû à l'existence d'un fluide particulier auquel on a donné le nom d'*électricité*, parce qu'il avait d'abord été observé dans l'ambre jaune, que les Grecs appelaient *électron*.

La même propriété s'observe aujourd'hui dans un grand nombre d'autres substances : telles sont les résines, comme la gomme laque, la cire à cacheter ; tels sont aussi le soufre, la soie, les fourrures, le verre, le cristal de roche, le diamant et les autres pierres précieuses.

Au reste, les phénomènes dus à l'électricité ne se bornent pas seulement à celui que nous venons d'indiquer.

128. Corps bons et mauvais conducteurs. — Comme fluide, l'électricité peut circuler dans l'étendue d'un corps, et passer, s'écouler, en quelque sorte, d'un corps qui la contient dans un autre corps chez lequel elle ne se manifestait pas.

L'expérience, il est vrai, a fait découvrir que tous les corps qui s'électrisaient par le frottement (127) ne laissaient point à l'électricité la faculté de s'écouler librement. On les appelle, pour cette raison, corps *non conducteurs* ou *mauvais conducteurs*.

Les corps, au contraire, qui ne s'électrisent point, ou ne s'électrisent que sous certaines conditions, par le frottement, laissent l'électricité circuler et s'écou-

ler librement à leur surface; tels sont les métaux, les substances animales et végétales, etc.

On appelle ces corps *bons conducteurs*.

Le globe terrestre, les liquides en général et la vapeur d'eau sont aussi de bons conducteurs de l'électricité. L'humidité communique la même propriété à tous les corps, même à ceux qui sont mauvais conducteurs. C'est ainsi que l'électricité, qui se conserve longtemps dans l'air ou un autre gaz sec, se dissipe promptement dans le même gaz humide, et que les corps qu'on veut soumettre au frottement doivent être chauffés préalablement pour être privés de toute humidité.

129. Corps isolants. — On dit d'un corps qu'il est *isolé* lorsqu'il a pour support un corps mauvais conducteur.

L'isolement se pratique à l'égard des corps bons conducteurs que l'on veut électriser, et dont on intercepte ainsi toute communication avec d'autres corps conducteurs, qui, par leur contact, dépouilleraient les premiers du fluide dont on voudrait les charger. Ainsi, quand un homme est debout sur un mauvais conducteur, comme serait un gâteau de résine ou un tabouret à pieds de verre, il s'électrise dans toute son étendue, en touchant avec la main des corps électrisés; mais vient-il à se poser sur le sol, qui est bon conducteur (139), il ne conserve rien de l'électricité qu'il avait; il la transmet au sol lui-même, où elle va se perdre.

Les corps que l'on emploie d'ordinaire comme isolants, sont le verre, la résine commune, la gomme laque et les fils de soie.

130. Électroscopes.—Pour connaître si un corps possède du fluide électrique, on emploie divers appareils qu'on appelle *électroscopes*, ce qui signifie instruments propres à découvrir l'électricité.

Pendule électrique. — Le plus simple des électroscopes est le *pendule électrique* (fig. 36). Il se compose d'une petite balle de moelle de sureau *b*, suspendue à l'extrémité d'un fil de soie supporté par une tige de verre *t*.

Lorsqu'on veut éprouver un corps, on l'approche de la balle de sureau ; et s'il ne peut pas l'attirer à lui d'une quantité sensible, on est assuré que ce corps n'a point d'électricité, ou qu'il n'en a qu'une très-faible charge.

Tout simple qu'est ce petit instrument, il va nous servir à constater un fait de la plus haute importance dans la théorie de l'électricité.

131. Attraction et répulsion. —Quand on électrise par le frottement un tube de verre, et qu'on lui présente la petite balle de sureau d'un pendule électrique, ou tout autre corps léger, cette balle est d'abord attirée fortement par le tube ; mais dès que par le contact il lui a communiqué son électricité, il la repousse. Les choses se passent de même si l'on emploie, au lieu du tube de verre, un bâton de résine aussi électrisé par le frottement.

Si l'on vient à soumettre une balle, repoussée par le verre, à l'action d'un bâton de résine, elle en est vivement attirée.

Le verre, à son tour, attire puissamment le corps qui a été électrisé et repoussé par la résine.

Les balles de deux pendules, l'une électrisée par le verre, l'autre par la résine, s'attirent, tandis que, touchées par le même corps électrique, elles se repoussent mutuellement.

132. Deux sortes d'électricité. — Pour expliquer ces phénomènes d'attraction et de répulsion, les physiciens ont été amenés à conclure que l'électricité du verre et celle de la résine ne sont pas identiques, puisque chacune d'elles attire ce que l'autre repousse.

Pour distinguer l'une de l'autre ces deux sortes d'électricité, on leur a donné des noms différents. L'une est appelée *électricité vitrée*, et l'autre *électricité résineuse*, parce que le plus souvent elles sont produites par le frottement du verre poli et de la résine.

On désigne encore la première sous le nom de *positive*, et la seconde sous celui de *négative*. Ces dénominations tiennent à un système imaginé par Franklin, où l'on essayait d'expliquer tous les phénomènes par une seule électricité que l'on supposait tantôt en *plus*, tantôt en *moins*. Ce système est généralement abandonné; mais on a conservé les noms d'électricité positive et d'électricité négative,

parce qu'ils indiquent très-bien deux propriétés contraires.

Ces dénominations étant admises, on formule la loi précédente des attractions et des répulsions électriques, en disant que *les électricités de même nom se repoussent, et les électricités de noms contraires s'attirent.*

L'intensité de ces attractions et répulsions varie avec la distance. Elle augmente quand celle-ci diminue, et diminue quand la distance augmente.

133. ÉLECTRICITÉ NEUTRE. — Quand les deux électricités, la vitrée et la résineuse, sont réunies par leur attraction mutuelle en quantités égales, elles composent ce que l'on appelle le *fluide neutre*, et les corps dans lesquels existe cette réunion des deux fluides combinés sont dits à l'*état neutre* ou *naturel*. Ils n'ont alors ni la propriété d'attirer les corps légers ni celle de les repousser; ils ne donnent absolument aucun signe quelconque d'électricité.

Tous les corps de la nature possèdent les deux électricités combinées en quantité indéfinie.

134. DÉCOMPOSITION DU FLUIDE NEUTRE PAR LE FROTTEMENT. — Cette combinaison subsiste tant qu'aucune cause ne la dérange. Mais les deux fluides viennent-ils à être séparés par le frottement, ou de toute autre manière, les corps cessent d'être dans leur état naturel; ils sont alors *électrisés*.

L'espèce d'électricité que prend un corps par le

frottement dépend beaucoup de la nature du corps frotté et aussi du corps frottant. C'est ainsi que le verre, frotté avec de la laine ou de la soie, s'électrise toujours vitreusement; mais si on le frotte avec une peau de chat, il prend l'électricité résineuse.

L'espèce d'électricité communiquée au verre par le frottement dépend encore de l'état de sa surface. On peut donner à une même tige de verre les deux électricités à la fois, en la frottant dans les mêmes circonstances. Il suffit pour cela de prendre une tige de verre polie par une de ses extrémités et dépolie par l'autre. La première prendra l'électricité vitrée, et la dernière l'électricité résineuse.

Il est bon de remarquer que le corps frottant s'électrise aussi pendant l'opération, et qu'il contracte toujours l'électricité contraire à celle qui se manifeste à la surface du corps frotté.

Du reste, on ignore encore pourquoi, dans tel cas, c'est l'une des électricités qui se développe plutôt que l'autre.

—

TREIZIÈME LEÇON.

SUITE DE L'ÉLECTRICITÉ.

135. COMMUNICATION DE L'ÉLECTRICITÉ. — Quoique les corps bons conducteurs possèdent le fluide électrique à l'état naturel aussi bien que ceux qui sont mauvais conducteurs, on ne les électrise cependant pas comme ceux-ci par le frottement, quand ils ne sont pas isolés. Il est facile d'en apercevoir la raison : elle est dans la nature même de leur propriété conductrice. Mais il existe deux autres manières de les charger d'électricité, par *le contact* et par *influence*.

136. *Par le contact.* — Il suffit, dans le premier cas, de mettre le corps que l'on veut électriser par contact, en communication directe avec un corps électrisé ; à l'instant même une partie du fluide de celui-ci s'écoule dans le premier, et se manifeste à sa surface par les phénomènes décrits précédemment.

Nous répétons qu'il faut avoir la précaution dans ces expériences d'isoler les corps bons conducteurs qu'on veut charger d'électricité.

137. *Par influence.* — On peut encore électriser un corps bon conducteur sans le mettre en communication directe avec une source d'électricité; il n'est besoin que de l'en approcher à une certaine distance.

La source électrique agit alors par sa seule présence sur le fluide neutre du corps bon conducteur, le décompose, attire de son côté l'électricité de nom contraire à la sienne (132), et repousse l'électricité de même nom. C'est ce que l'on appelle électriser par *influence.*

Dans ce mode d'électrisation, il n'y a simplement que séparation et déplacement des fluides séparés dans le corps bon conducteur; car il ne reçoit rien de la source, comme aussi il ne lui donne rien. Aussi, vient-on à soustraire ce corps à l'influence de la source, soit en l'éloignant, soit en supprimant la source elle-même, les fluides séparés se rejoignent, se recomposent aussitôt par leur attraction mutuelle, et le corps retombe à l'état naturel.

L'expérience suivante démontrera cette électricité par influence : on suspend à chacune des extrémités V, R (fig. 37) d'un cylindre métallique, isolé, deux pendules p, p et p', p', composés de fils conducteurs et de balles de sureau. Tout cet appareil étant à l'état neutre, les balles des pendules ne tendent point à s'écarter les unes des autres (133). Mais l'extrémité R du cylindre est-elle mise en présence d'une source E d'électricité vitrée, par exem-

ple, les pendules p', p' s'éloignent l'un de l'autre. Il en est de même des pendules p, p; ce qui prouve d'abord que le cylindre est électrisé. Nous disons de plus qu'il ne possède pas la même électricité dans toute son étendue : en effet, si nous présentons un bâton de résine électrisé aux pendules p', p', ils seront repoussés; il attirera au contraire les pendules p, p; d'où l'on doit conclure que l'électricité de l'extrémité R du cylindre est résineuse, et qu'elle a été attirée de ce côté par l'électricité de nom contraire de la source E, tandis que l'électricité vitrée a été repoussée en V. Vient-on à éloigner le cylindre de la source E, l'influence cessant, tous les phénomènes électriques disparaissent aussitôt du cylindre.

Un corps électrisé par influence agit à son tour pour électriser de la même manière les corps voisins qui se trouvent dans sa sphère d'activité; et ces actions successives peuvent se propager à de grandes distances. La cause première de ces décompositions cesse-t-elle d'exister, tous ces corps rentrent au même instant dans leur état naturel.

138. Choc en retour. — Quand cette recomposition s'opère brusquement, les deux électricités éprouvent alors des mouvements rapides de translation dans l'étendue des corps, en se rejoignant. Ces mouvements déterminent dans ces corps des secousses plus ou moins violentes, que l'on désigne sous le nom de *choc en retour*.

On peut prévenir les effets de ce choc en retour, en éloignant peu à peu de la source d'électricité le corps électrisé par influence; ou bien en le mettant en communication avec le sol pendant le temps de l'influence (137), parce qu'alors des deux électricités qui avaient été séparées, celle qui est de même nature que le fluide de la source disparaît, et il ne reste plus, au moment où l'on fait cesser l'influence, que l'électricité contraire.

139. Différence entre les corps bons et mauvais conducteurs électrisés. — Il suffit que les corps bons conducteurs touchent un corps électrisé par un seul point, pour que l'électricité se répande à l'instant dans toute l'étendue de leur surface.

Il s'ensuit que, quand ils sont électrisés, il ne faut pour leur enlever toute leur électricité que les mettre un moment en communication avec le sol, bon conducteur du fluide électrique. C'est ce qui a fait donner à notre globe terrestre le nom de *réservoir commun*, quand on parle de son intervention dans les phénomènes électriques.

Les corps mauvais conducteurs, au contraire, ne peuvent prendre ou perdre de l'électricité que dans l'étendue de leur contact. En sorte qu'il faut considérer chacun des points de leur surface comme indépendant les uns des autres, se chargeant seul d'électricité, et seul aussi la perdant : aussi, pour électriser un tube de verre et surtout un bâton de

résine, le faut-il frotter dans toute son étendue, et pour le ramener à son état naturel, est-il nécessaire de le toucher successivement dans tous ses points.

C'est la même cause qui permet de charger divers points d'un même plateau de résine d'électricités de différente nature.

140. Vitesse du fluide électrique. — La transmission du fluide électrique dans l'étendue d'un corps bon conducteur s'opère avec la plus extrême rapidité. Des expériences ont fait connaître qu'il se transportait instantanément d'un bout à l'autre d'un fil métallique de plus d'une lieue de longueur.

141. Distribution et accumulation du fluide électrique a la surface des corps bons conducteurs. — Si l'électricité à l'état neutre est uniformément répandue dans toute la masse des corps, il n'en est pas de même de l'électricité à l'état libre. Cette dernière, en effet, est douée d'une force répulsive qui tend sans cesse à éloigner ses molécules les unes des autres, et à les disperser jusqu'à ce qu'elles trouvent un obstacle qui les arrête : aussi le fluide électrique une fois développé dans les corps se hâte de gagner leur surface, et de là passerait dans l'atmosphère, si l'air n'était lui-même l'obstacle qui retient l'électricité à la surface des corps, en exerçant sur eux une pression suffisante : le fluide électrique s'y arrête donc, et s'y accumule en formant une couche plus ou moins épaisse. La preuve

que cette couche électrique est maintenue à la surface des corps par la pression seule de l'atmosphère, c'est qu'il devient impossible de charger un conducteur si on le place dans le vide produit par la machine pneumatique; car au fur et à mesure qu'on transmet de l'électricité au conducteur, elle s'échappe sous la forme d'aigrettes lumineuses.

142. FORCE DE TENSION DU FLUIDE ÉLECTRIQUE. — Mais il ne faut pas croire que les molécules électriques qui composent cette couche soient inactives; elles font au contraire un effort continuel, en vertu de leur force expansive, pour vaincre la pression atmosphérique : c'est ce que l'on désigne sous le nom de *force de tension* du fluide électrique.

Ce fluide, maintenu à la surface des corps, peut donc être considéré comme les fluides pondérables contenus dans des vases contre lesquels ils exercent des pressions (47) : quand ces vases sont résistants, le fluide est contenu; quand ils sont trop faibles pour résister à la pression, les parois crèvent et le fluide s'écoule. Ici, le vase est le corps à la surface duquel l'électricité est accumulée; la paroi est l'air qui l'enveloppe; et quand la couche du fluide électrique est assez épaisse, sa force de tension l'emportant alors sur la pression atmosphérique, il s'écoule dans l'air.

143. INFLUENCE DE LA FORME DES CORPS SUR LA DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ A LEUR SURFACE. — La forme des corps influe considérablement sur la

distribution du fluide électrique à leur surface. Si le corps est sphérique, il résulte des propriétés mêmes de sa surface que le fluide s'y répand uniformément et y prend partout la même tension.

Mais, lorsque le corps prend une forme allongée, l'accumulation et la tension électriques s'accroissent d'autant plus que l'on approche des extrémités, comme il est facile de s'en convaincre avec un électromètre (146).

144. Pouvoir des pointes. — Enfin, si cet allongement du corps bon conducteur se termine en pointe aiguë, la tension électrique sera presque infinie à l'extrémité de cette pointe, et la résistance de l'air insuffisante : aussi une des propriétés des pointes est-elle de donner lieu à un écoulement facile du fluide électrique, et il est impossible de charger d'électricité un conducteur ainsi terminé. C'est à cette propriété des pointes de faciliter l'écoulement du fluide électrique que l'on donne le nom de *pouvoir des pointes*.

Ce pouvoir et ce que nous avons dit du développement de l'électricité par influence expliquent comment il est impossible de charger un corps conducteur auquel on présente un autre corps terminé par une pointe, ou bien comment ce second corps décharge le premier de son électricité, s'il en était d'abord chargé. On dit quelquefois que la pointe *soutire* le fluide électrique : le mot est impropre ; il pourrait induire à croire que le fluide

du corps qui est chargé ou qui se charge d'électricité passe dans la pointe, ce qui n'est pas ; mais le corps électrisé décompose par influence (148) le fluide neutre du corps terminé par la pointe, et attire à l'extrémité de cette pointe l'électricité contraire à celle qu'il possède. C'est cette électricité qui, n'étant plus retenue par l'air, se porte par un écoulement continuel et sans bruit sur le conducteur électrisé, et le fait repasser à l'état neutre. De là vient que la pointe semble l'avoir dépouillé de son électricité.

C'est à ce pouvoir des pointes qu'on doit la puissance des appareils destinés à préserver les édifices des coups de la foudre (242).

145. Distribution et accumulation du fluide électrique à la surface des corps mauvais conducteurs. — Ce qui précède ne saurait s'appliquer aux corps mauvais conducteurs. Cette propriété même indique suffisamment que leur forme ne peut qu'avoir, sinon une influence nulle, du moins une influence extrêmement faible sur la distribution de l'électricité à leur surface.

146. Électromètres. — Pour apprécier la tension du fluide électrique accumulé à la surface des corps, on fait usage de plusieurs instruments appelés *électromètres*. Ils sont tous fondés sur le principe de la répulsion des électricités semblables (131), ou de l'attraction des électricités contraires.

Électromètres de Henley (fig. 38). Un des plus simples est celui de Henley ; il accompagne presque toujours les machines électriques. Il consiste en un demi-cercle d'ivoire I, divisé en degrés, et porté par une tige verticale *t* d'une substance conductrice. Une aiguille pareillement d'ivoire, terminée par une petite balle de moelle de sureau *b*, et mobile autour d'un axe horizontal fixé au centre du demi-cercle, est assujettie à parcourir les divisions de celui-ci, quand le fluide électrique répandu sur la tige tend à repousser la balle de sureau loin de la tige. Pour faire usage de cet instrument, on le place sur les corps que l'on veut charger d'électricité, et l'on juge de la tension du fluide ou de la charge des corps par le nombre de degrés dont l'aiguille s'écarte de sa position première.

QUATORZIÈME LEÇON.

SUITE DE L'ÉLECTRICITÉ.

147. Machines électriques (fig. 39). — Les machines électriques sont des instruments destinés à développer de grandes quantités de fluide électrique.

Leur construction repose sur les principes précédemment exposés.

Elles se composent essentiellement d'un corps frottant, d'un corps frotté et d'un conducteur isolé.

Le corps frotté est généralement un plateau circulaire en verre P P, tenu dans une position verticale, et fixé sur un axe auquel une manivelle M imprime un mouvement de rotation.

Le corps frottant consiste en plusieurs coussins de peau C, C, C, C, rembourrés de crin. Ces coussins, attachés à des supports en bois qui communiquent avec le sol, sont placés en regard les uns des autres, et pressent de chaque côté le plateau de verre.

Le conducteur isolé peut être un simple cylindre

en cuivre A, porté par des colonnes de verre, et se divisant du côté du plateau en deux branches BB' sous forme de croissant, dont les extrémités, armées de pointes, touchent presque la surface du plateau.

Quand on met le plateau de la machine en mouvement, il se charge d'électricité vitrée par l'effet du frottement que les coussins exercent sur lui. Cette électricité vitrée décompose par influence l'électricité neutre du conducteur, y refoule le fluide de même nom, et attire l'électricité résineuse jusque dans les pointes, d'où elle se porte sur le plateau, pour y neutraliser une quantité égale de fluide vitré. Mais ce fluide neutre sera de nouveau décomposé par le frottement des coussins; le conducteur se chargera de même d'une nouvelle quantité d'électricité vitrée, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il perde autant d'électricité par l'air qu'il en reçoit du plateau.

148. Électrophore (fig. 40). — L'électrophore est encore une véritable machine électrique. Il fut inventé par Volta, savant physicien de Pavie.

Cet appareil, dont la construction repose sur les principes de l'électricité développée par influence (137), consiste en un gâteau circulaire de résine R et un disque de métal V ou de bois revêtu d'une feuille d'étain, auquel est adapté un manche de verre.

Après avoir électrisé toute la surface de la résine

en la frottant ou la battant avec une peau de chat, on pose sur cette surface le disque métallique, en le tenant par son manche isolant. L'électricité résineuse du gâteau agit par influence sur l'électricité neutre du disque, la décompose à travers la mince couche d'air qui l'en sépare, attire l'électricité vitrée à la surface intérieure, et repousse la résineuse vers la surface extérieure : si l'on vient alors à toucher avec le doigt cette surface, l'électricité résineuse s'écoule dans le sol par la communication qui lui est offerte; en relevant ensuite le disque, on le trouve chargé d'électricité vitrée à l'état libre. Pour l'en décharger, il suffit d'en approcher la main ou un autre corps conducteur; on voit aussitôt jaillir des bords du disque métallique une étincelle d'autant plus forte que les surfaces des deux disques sont plus grandes.

Cette expérience peut être répétée un grand nombre de fois de suite, sans qu'il soit nécessaire de donner au gâteau de résine une nouvelle charge avec la peau de chat : car le gâteau ne perd rien de son électricité, il ne fait que décomposer celle du disque métallique.

C'est à cause de cette propriété que l'on a donné à cet appareil le nom d'*électrophore*, qui signifie porteur, conservateur d'électricité. Il peut, en effet, s'il est entouré d'un air très-sec, conserver son électricité pendant plus de six mois.

L'électrophore est donc à lui seul une machine

électrique fort simple, qui suffit pour les expériences qui ne demandent pas de très-grandes charges d'électricité.

149. ÉLECTRICITÉ DISSIMULÉE (fig. 41). — Concevons deux disques D, D', bons conducteurs, en cuivre par exemple, appliqués l'un sur l'autre, mais séparés par une lame L L non conductrice, de verre ou de résine : si l'un des deux disques est mis en communication avec le sol et l'autre avec une source E d'électricité vitrée, par exemple, voici ce qui se passe : celui-ci reçoit de l'électricité vitrée, décompose par influence, à travers la lame non conductrice, le fluide neutre du disque opposé, attire vers lui l'électricité résineuse, et repousse dans le sol le fluide vitré ; mais le fluide résineux libre ne peut aller se réunir au fluide vitré de l'autre disque, il est empêché par la lame non conductrice. Ces deux fluides en pressent donc les deux faces opposées par l'effort qu'ils font pour se rejoindre.

On dit alors que ces électricités sont *dissimulées ;* et en effet, quand deux disques sont ainsi chargés, on peut les toucher l'un ou l'autre, sans que leur fluide, quoique à l'état libre, s'écoule dans le sol, parce qu'ils sont fortement attirés et retenus l'un par l'autre.

De cette sorte, il est facile d'accumuler sur les disques une quantité considérable de fluide dissimulé ; car le disque en communication avec la source électrique peut recevoir à chaque instant une nou-

velle quantité de fluide vitré, décomposer une quantité nouvelle de fluide neutre du disque opposé, et attirer par conséquent le fluide résineux en plus grande abondance. Mais cette accumulation n'est point indéfinie ; elle s'arrête quand la quantité d'électricité qui se perd par l'air égale la quantité fournie par la source.

150. Recomposition des fluides dissimulés. — Pour recomposer les deux électricités dissimulées, on les fait communiquer ensemble à l'aide d'un *arc excitateur :* on appelle ainsi une tige courbée de métal, terminée par deux boules, et brisée à charnière en son milieu ; deux manches de cristal permettent de tenir l'instrument sans être en communication avec le fluide.

La recomposition aura lieu au moment où, ayant posé une des boules sur l'un des disques, on approchera l'autre boule du second disque. Quelquefois la tension des fluides est si considérable entre les deux disques, qu'ils percent la lame isolante pour se recomposer.

151. Condensateurs. — Tous les appareils au moyen desquels l'électricité s'accumule ainsi en se dissimulant, se composent essentiellement, comme celui que nous venons de décrire, de deux lames ou corps de nature conductrice séparés par une lame non conductrice, qui peut être une lame de verre, une lame de résine, un morceau de taffetas gommé, etc.

On les nomme des *condensateurs*, parce qu'en effet ils condensent le fluide électrique.

152. Bouteille de Leyde. — Le carreau de Leyde n'est qu'un condensateur à lame de verre, sur chacune des faces de laquelle est collée une feuille d'étain.

La bouteille de Leyde, d'un usage plus commode que le carreau de Leyde, et dont le nom indique la même origine, la ville de Leyde, n'est encore qu'une sorte de condensateur à lame de verre recourbée.

(Fig. 42.) Ce condensateur se compose d'un flacon de verre plus ou moins grand, selon la quantité de fluide que l'on veut accumuler. Ce flacon est revêtu ordinairement à l'extérieur, à peu près jusqu'aux deux tiers de sa hauteur, d'une feuille d'étain (on pourrait employer tout autre bon conducteur), à laquelle on donne le nom de *garniture* ou d'*armature extérieure*. Il est pareillement revêtu à l'intérieur, ou seulement rempli de feuilles minces de métal ou de toute autre substance conductrice; c'est ce qu'on appelle la *garniture* ou *armature intérieure*.

On adapte au goulot du flacon un bouchon de liége dans lequel passe une tige de cuivre qui communique avec l'armature intérieure, et dont la partie extérieure, recourbée souvent, pour plus de commodité, en forme de crochet, est terminée par une boule qu'on nomme le *bouton de l'armature intérieure*.

L'espace compris entre le goulot et l'armature extérieure est recouvert d'une couche de résine ou de gomme laque, afin de mieux empêcher le passage de l'électricité d'une armature à l'autre.

On charge cet appareil d'électricité en mettant, à l'aide du bouton, l'armature intérieure en communication directe avec le conducteur d'une machine électrique en activité, et l'on fait communiquer l'armature extérieure avec le sol, en tenant, par la panse, la bouteille à la main : les choses se passent alors absolument de la même manière que dans le condensateur plus simple que nous avons décrit précédemment (149), pour rendre raison de l'électricité dissimulée : l'armature intérieure remplace le disque en contact avec la source électrique; l'armature extérieure tient lieu du second disque, de celui qui est en communication avec le réservoir commun (139).

On peut, à l'aide de ces appareils, conserver pendant un certain temps le fluide électrique, et le transporter où l'on veut.

153. DÉCHARGE ET COMMOTION ÉLECTRIQUE DE LA BOUTEILLE DE LEYDE. — Une bouteille de Leyde étant chargée, si, pendant qu'on la tient d'une main par la garniture extérieure, on touche la garniture intérieure avec l'autre main, les deux bras et la poitrine offrant aux électricités un arc de communication, il s'opère par leur moyen, comme par l'excitateur (150), une recomposition instantanée. Mais

cette recomposition est accompagée d'une commotion particulière, qui peut être dangereuse quand elle est un peu forte.

La bouteille est alors déchargée; toutefois il faut y revenir encore pour la décharger complétement.

La violence des commotions dépend de l'intensité des charges électriques : les faibles ne se font sentir qu'à l'avant-bras et au coude, les plus fortes causent une vive douleur dans la poitrine.

Si plusieurs personnes forment ce que l'on appelle la chaîne en se tenant par la main, elles reçoivent toutes instantanément la commotion, quand la première vient à toucher la panse de la bouteille, et la dernière le bouton.

154. Batterie électrique. — La batterie électrique est formée par la réunion de plusieurs grandes bouteilles de Leyde, dont on fait communiquer entre elles toutes les garnitures extérieures, en les faisant reposer sur un fond commun bon conducteur, et toutes les garnitures intérieures au moyen de tiges allant d'un bouton à un autre. On obtient ainsi une grande quantité de fluide, en rapport avec le nombre et la capacité des bouteilles dont se compose la batterie.

Quand on décharge cet appareil, l'effet qui en résulte est assez puissant pour fondre et volatiliser des métaux, et frapper de mort subite de petits animaux. On est même parvenu à tuer un bœuf avec une forte batterie.

On conçoit bien qu'une batterie ne doit être déchargée qu'au moyen d'un excitateur, et qu'il serait de la plus grande imprudence de s'exposer à recevoir soi-même la décharge.

155. Lumière électrique. — On ignore encore la vraie cause de la lumière électrique. Mais les plus grandes charges électriques accumulées sur les corps, soit directement, soit par dissimulation, ne donnent jamais aucune apparence lumineuse quand l'équilibre est établi et que le fluide est en repos. La première condition de la lumière électrique est donc le mouvement des fluides ou la rupture de leur équilibre, lorsque leur tension est assez considérable pour vaincre la pression de l'air. C'est ce qui arrive quand deux corps conducteurs, chargés d'électricité contraire, sont en présence : si la tension des deux fluides devient assez forte pour vaincre la pression atmosphérique, il y a production de lumière sous forme d'étincelle. Cette étincelle est très-vive, et toujours accompagnée d'une sorte d'explosion proportionnée à la quantité de l'électricité. On attribue ce bruit au choc que l'atmosphère éprouve de la part des deux fluides électriques s'élançant l'un vers l'autre; car, dans le vide, l'étincelle électrique traverse l'espace sans aucune explosion.

La couleur de l'étincelle est ordinairement bleuâtre ou rougeâtre. Lorsqu'elle ne parcourt que de petits intervalles, elle marche en ligne droite; mais

quand elle franchit un intervalle un peu considérable, elle décrit alors des sinuosités tout à fait semblables aux zigzags de l'éclair.

Un fait assez curieux, c'est que l'électricité s'écoulant d'un corps terminé par une pointe, présente une lumière qui change dans son aspect, suivant la nature de cette électricité : si elle est vitrée, elle s'en échappera sous forme d'une belle aigrette lumineuse, dont les rayons divergents exciteront dans l'air un léger bruissement ; si, au contraire, elle est résineuse, on n'apercevra qu'un point lumineux à l'extrémité du corps aigu.

De ce qu'on n'est point brûlé par la lumière électrique, il n'en résulte pas qu'elle soit sans chaleur. — Dans beaucoup de cas l'électricité agit comme le feu : ainsi l'étincelle électrique peut rallumer une bougie qui vient d'être éteinte, enflammer l'éther, l'alcool et les gaz inflammables, tels que l'hydrogène (270).

Si, dans le petit vase connu sous le nom de pistolet de Volta, on enferme du gaz hydrogène mêlé avec de l'air, et qu'on fasse passer l'étincelle électrique à travers ce mélange, il s'enflamme et on entend une forte détonation.

156. Odeur de l'électricité. — Enfin, tout autour d'une source abondante d'électricité, comme serait autour d'une machine électrique en mouvement, il se répand dans l'air une odeur analogue à celle de l'ail ou du phosphore. Cette odeur se re-

trouve quelquefois dans l'air à l'approche d'un violent orage.

QUINZIÈME LEÇON.

DU GALVANISME.

157. ORIGINE; FAIT FONDAMENTAL. — En 1790, Galvani, médecin et professeur d'anatomie à Bologne, avait observé que des grenouilles préparées d'une certaine manière éprouvaient une sorte de tressaillement semblable à une commotion électrique, lorsque les muscles des jambes étaient mis en communication avec les nerfs lombaires, au moyen d'un arc métallique. Il expliqua ce phénomène en l'attribuant à un fluide particulier contenu dans l'animal. Son explication fut d'abord adoptée, et le nouveau fluide reçut le nom de *fluide galvanique*.

L'explication de Galvani n'avait cependant point satisfait Volta. Cet habile physicien avait remarqué, en répétant les expériences du professeur de Bologne, que les commotions de la grenouille, très-fortes quand l'arc de communication se compose de deux métaux différents, étaient très-faibles et

même insensibles quand cet arc n'était formé que d'un seul métal. Il établit bientôt, par une suite d'expériences qui parurent décisives, qu'il y a séparation des deux fluides électriques au contact de deux métaux différents, et que le fluide vitré ou positif se répand sur l'un de ces métaux, tandis que le fluide résineux ou négatif se répand sur l'autre; que *la force électromotrice*, c'est-à-dire cette force qui sépare les fluides au contact des métaux, est encore une *force coercitive* qui s'oppose à leur recomposition par les surfaces en contact; mais que, pour opérer cette recomposition, il suffit d'offrir aux deux fluides contraires une autre voie de communication. C'était ce que l'on faisait en réunissant les deux extrémités de l'arc métallique par les membres de la grenouille, dont les muscles et les nerfs sont de bons conducteurs du fluide électrique. Alors les tressaillements de l'animal ne sont plus que la suite d'une irritabilité nerveuse mise en jeu par le passage des fluides électriques ordinaires.

Cette nouvelle explication renversa complétement le système de Galvani, dont il ne resta plus rien que le nom de ce célèbre médecin.

158. Électricité voltaïque. — Mais la découverte de Volta eut des suites bien autrement importantes : elle porta l'attention des physiciens sur une classe de phénomènes inconnus jusqu'alors; de nouvelles théories furent créées, et la chimie lui dut ses progrès les plus rapides.

On donna le nom d'*électricité voltaïque* à l'électricité développée au contact de deux métaux différents. Mais les corps métalliques ne furent pas les seuls qui parurent doués du pouvoir de développer de l'électricité par leur contact : la même propriété fut observée dans toutes les autres substances; et, comme elle y paraissait à différents degrés d'intensité, on distingua les corps en *bons* et en *mauvais électromoteurs*. A la tête des premiers figurent les métaux; et ceux que l'expérience signala comme étant les plus propres au développement de l'électricité voltaïque sont le *zinc* et le *cuivre*.

Volta, poursuivant l'idée qu'il s'était faite des forces électromotrices, fut conduit à la découverte d'un appareil aussi simple dans sa construction que merveilleux dans ses effets, et qu'on appela, de son nom, *la pile voltaïque*.

159. Pile voltaïque. — Cet appareil se compose de trois sortes d'éléments, savoir : des plaques de deux métaux différents, et un de ces corps qu'on regardait avec Volta comme mauvais électromoteur, mais qui doit être bon conducteur de l'électricité.

Les plaques métalliques sont de deux espèces, zinc et cuivre. Ces deux métaux en contact paraissent prendre toujours, le premier l'électricité positive, le second l'électricité négative : d'où viennent aux plaques de zinc et à celles de cuivre qui entrent dans la composition de la pile, les noms

d'*éléments positifs* et d'*éléments négatifs* de la pile.

Le troisième élément consiste ordinairement en de simples morceaux de drap ou de carton, taillés de la même grandeur que les éléments métalliques, et imprégnés d'un liquide bon conducteur de l'électricité : c'est ce qu'on appelle des *rondelles humides.*

Le drap ou le carton n'a ici d'autre objet que de retenir le liquide conducteur, qui forme en réalité le troisième élément de la pile. Ce liquide est de l'eau aiguisée d'une petite quantité d'un mélange d'acide sulfurique et d'acide azotique, ou bien encore de l'eau tenant en dissolution quelque sel, tel que du sulfate de cuivre, du sulfate de zinc, ou même du sel ordinaire.

Pour construire la pile (fig. 43) avec ces éléments, on réunit deux par deux les éléments cuivre et zinc *c*, *z*, en les superposant. Ces deux éléments réunis forment ce que l'on appelle un *couple* ou une *paire*. On place ensuite ces couples les uns sur les autres, en ayant soin de les tourner dans le même sens, c'est-à-dire tous les zincs en dessus ou en dessous; et on sépare chaque couple de celui qui le suit, au moyen d'une rondelle humide *h* interposée.

Les éléments, l'un cuivre et l'autre zinc, qui terminent une pile, sont appelés, le premier, le *pôle négatif*, et le second, le *pôle positif* de la pile. On donne aussi ces noms à des fils métalliques P, N

attachés à ces mêmes éléments, et destinés à conduire le fluide électrique; d'où leur vient encore le nom de *réophores* ou *porte-courants*.

160. Pile a colonne. — La pile construite comme nous venons de le faire porte le nom de *pile à colonne*. On lui a donné d'autres dispositions plus avantageuses. Telle est la *pile à auge*, surtout la *pile de Wollaston :* mais la description de ces différentes espèces de piles nous entraînerait trop loin, et d'ailleurs elles ne fonctionnent pas autrement que la pile à colonne.

161. Distribution des fluides électriques dans une pile. — Dans une pile isolée, chacune de ses moitiés est électrisée de la même manière que le pôle qui la termine, c'est-à-dire que la moitié qui se termine par un zinc est électrisée positivement, et la moitié qui se termine par un cuivre est chargée d'électricité négative. Les tensions des fluides vont d'ailleurs en croissant du milieu vers les pôles, et les tensions sur ceux-ci sont d'autant plus fortes que la pile se compose d'un plus grand nombre de couples.

Si l'un des pôles communique avec le sol, la pile tout entière n'est chargée que d'un seul fluide, qui est le fluide positif si c'est le pôle cuivre qui communique avec le sol, et le fluide négatif si c'est l'autre pôle; et la tension du fluide au pôle isolé est proportionnelle au nombre des couples dont se compose la pile.

162. Courants voltaïques. — Lorsqu'on réunit les deux pôles d'une pile par un corps suffisamment conducteur, l'électricité positive accumulée au pôle zinc s'élance dans ce conducteur pour aller neutraliser l'électricité négative accumulée au pôle cuivre; et comme la puissance électromotrice de l'appareil fournit sans cesse aux pôles de nouvelles quantités de fluides contraires, il en résulte un courant continu d'électricité positive du pôle zinc au pôle cuivre. Il est clair que l'électricité négative doit se mouvoir de même du pôle cuivre au pôle zinc. Ces courants ont reçu le nom de *courants voltaïques*. C'est à eux qu'on doit tant de phénomènes si remarquables dont l'observation de Galvani et l'invention de Volta ont enrichi la physique moderne.

163. Effets de la pile. — On peut ranger les effets de la pile en trois classes distinctes : effets physiologiques, effets physiques, effets chimiques.

Parmi ces effets il en est qui exigent de grandes tensions, et par conséquent une pile composée d'un grand nombre de couples. D'autres veulent que les rhéophores apportent de grandes quantités d'électricités à la fois; à ceux-là il leur faut des éléments à grandes surfaces; car, toutes choses égales d'ailleurs, plus les surfaces des éléments sont étendues, plus sont grandes les masses d'électricités contraires poussées vers les pôles. Mais, en général, la pile la plus puissante sera celle qui réunira plus

de couples à plus de surface dans ses éléments.

Pour donner une idée du pouvoir merveilleux des courants voltaïques, nous allons citer quelques-uns des phénomènes qu'ils produisent.

Lorsque l'on touche avec les deux mains mouillées les extrémités d'une pile isolée, on éprouve une commotion qui peut être aussi vive et aussi redoutable que celle qui est produite par la décharge d'une batterie électrique. Elle est d'autant plus intense que la pile est composée d'un plus grand nombre de couples. Avec cinquante couples, elle peut s'étendre jusque dans la poitrine. Cette commotion est évidemment due à la réunion des deux électricités contraires, accumulées aux pôles de la pile. C'est une recomposition du fluide naturel, semblable à celle qui s'opère quand on touche les deux garnitures d'une bouteille de Leyde. Mais il y a cette différence que la décharge de la bouteille de Leyde étant instantanée, la commotion qui s'ensuit l'est pareillement; tandis que la pile, se rechargeant rapidement après chaque décharge, est constamment en état de faire éprouver de nouvelles secousses. C'est ce qui donne à la commotion voltaïque une sorte de continuité qui forme son caractère principal. Si cependant on peut parvenir à saisir les deux pôles de manière à ne plus les quitter, les commotions cessent, pour donner lieu à une sorte d'engourdissement, accompagné d'une grande chaleur interne.

Des animaux asphyxiés depuis plus d'une demi-heure ont été rappelés à la vie au moyen d'un courant voltaïque. En faisant agir ce même courant sur des organes convenables, on a rétabli la respiration et même les fonctions digestives dans des corps qui avaient été récemment privés de la vie.

Ces expériences et beaucoup d'autres avaient porté à croire que la médecine pourrait tirer un grand parti de la découverte de Volta. Mais les applications qui en ont été faites à l'art de guérir les maladies n'ont donné jusqu'ici aucun résultat bien satisfaisant.

Effets physiques. — L'électricité voltaïque produit des phénomènes de chaleur et de lumière plus surprenants encore que ceux qui ont leur cause dans l'électricité ordinaire. Quand on rapproche presque au contact les extrémités des deux rhéophores, on aperçoit entre elles une suite d'étincelles électriques qui se succèdent rapidement, et même une traînée de lumière continue qui peut être d'autant plus longue que la pile est plus forte. Si l'on fixe aux rhéophores deux morceaux de charbon calcinés et rendus conducteurs par leur immersion à chaud dans du mercure, et qu'on les approche ensuite l'un de l'autre, il se produit au point de contact une lumière d'un éclat comparable à celui du soleil. Ce phénomème a lieu dans le vide aussi bien que dans l'air ou tout autre gaz ; mais il

exige une pile composée d'un grand nombre de couples. De l'or, de l'argent ou de l'étain en feuilles minces, placés pareillement entre les extrémités des réophores, se volatilisent en produisant des jets de lumière de couleurs variées. Si l'on ferme le circuit voltaïque par un fil métallique suffisamment mince et court, il s'échauffe, il rougit, fond, et quelquefois même se projette au loin en globules enflammés.

Effets chimiques. — Lorsqu'on plonge dans de l'eau deux fils de platine communiquant avec les pôles d'une pile, on voit des gaz se dégager des extrémités libres de ces fils; et si, après avoir recourbé chacune de ces extrémités, on les recouvre d'une petite cloche pleine d'eau pour recueillir les gaz, on reconnaît que c'est de l'oxygène qui se dégage au pôle positif, de l'hydrogène au pôle négatif, et que les volumes de ces gaz sont entre eux comme 1 est à 2, c'est-à-dire dans les proportions nécessaires pour faire l'eau (260). Ce liquide subit donc ici une véritable décomposition. Si, au lieu d'employer des fils de platine, on se fût servi de fils d'un métal facilement oxydable, l'oxygène de l'eau se fût combiné au moins en partie avec ce métal, et des deux gaz séparés on n'aurait pu recueillir que l'hydrogène.

En général, toute combinaison chimique peut être décomposée en éléments plus simples par une pile de force convenable, quand on rend cette

combinaison assez conductrice de l'électricité, soit par la fusion à l'aide de la chaleur, soit par sa dissolution dans l'eau. On peut juger par là de quelle utilité est l'appareil de Volta pour le chimiste, quels services il peut rendre lorsqu'on cherche à connaître les éléments premiers (249) qui constituent les divers corps de la nature.

164. POISSONS ÉLECTRIQUES. — Nous ne pouvons terminer cette leçon sans dire un mot des *poissons électriques*.

On nomme ainsi certains poissons ayant la singulière propriété de produire une vive secousse et un engourdissement profond dans la main qui les touche. Tels sont la *torpille,* l'effroi des pêcheurs de nos côtes, et le *gymnote,* ou anguille de Surinam. On remarque dans ces animaux un organe particulier offrant beaucoup d'analogie avec l'appareil de Volta. C'est à cet organe que l'on a attribué cette puissance électrique par laquelle ils repoussent leurs ennemis et se rendent maîtres de leur proie.

Pour faire comprendre jusqu'où peuvent aller ces commotions, écoutons ce qu'en rapporte un savant, pour l'avoir éprouvé lui-même :

« Je ne me souviens pas, dit M. de Humboldt, « d'avoir reçu, par les décharges d'une grande « bouteille de Leyde, une commotion plus ef- « frayante que celle que j'ai ressentie en plaçant « imprudemment les deux pieds sur un gymnote

« qu'on venait de retirer de l'eau. Je fus affecté le « reste du jour d'une vive douleur dans les genoux « et dans presque toutes les jointures. »

SEIZIÈME LEÇON.

DU MAGNÉTISME.

165. Origine. — Plus de six cents ans avant J. C., on avait reconnu dans un certain minéral la propriété d'attirer le fer. De cette première observation est née cette partie de la physique à laquelle on a donné le nom de *magnétisme,* du mot par lequel les Grecs désignaient le minéral en question, *magnès*, que nous traduisons par *aimant.*

Aimants naturels, artificiels. — Plus tard, on remarqua qu'un morceau de fer, attiré par un aimant, contractait lui-même, sous l'influence de cet aimant, les propriétés magnétiques, et que même il les conservait lorsqu'il était pris dans certaines conditions : lorsque, par exemple, la pureté du fer se trouvait altérée par sa combinaison avec quelques substances étrangères. Pour distinguer ces nouveaux aimants de ceux qu'on rencontre dans la nature, on leur donna le nom d'*aimants arti-*

ficiels, et les autres prirent celui d'*aimants naturels*. Cette distinction n'est fondée que sur la différence de leur origine, car les propriétés sont les mêmes.

Substances magnétiques. — Pendant longtemps on ne connut pas d'autres substances magnétiques que le fer et le minéral que nous avons déjà nommé, et qui n'est lui-même qu'un fer *oxydé* (263). On sait maintenant que deux autres métaux, le nickel et le cobalt, s'aimantent comme le fer, et que l'état de mouvement peut développer du magnétisme dans la plupart des autres substances.

Comme l'acier, qui n'est autre chose que du fer combiné avec une faible quantité de charbon, jouit de la propriété de recevoir assez facilement les propriétés magnétiques, et de les bien conserver s'il est *trempé*, il est la substance qu'on emploie ordinairement pour se procurer des aimants artificiels.

166. PÔLES DES AIMANTS. — AXE. — LIGNE MOYENNE. — Quand on approche un aimant naturel de la limaille de fer, on remarque certains centres d'action vers lesquels les grains de limaille se dirigent de préférence. Ces points portent le nom de *pôles*. Chaque aimant en possède au moins deux, mais en manifeste souvent un plus grand nombre. De même, un barreau d'acier qui a acquis la vertu magnétique par son contact avec un ai-

mant, ne retient pas la limaille en aussi grande quantité sur tous ses points, et possède des pôles. Ceux-ci ne sont le plus souvent qu'au nombre de deux, et situés vers chacune des extrémités du barreau.

On ne considère en général que des aimants dans lesquels le magnétisme se trouve ainsi distribué.

La ligne droite qui passe par les deux pôles d'un aimant s'appelle son *axe*. On donne le nom de *ligne moyenne* à une certaine ligne qui enveloppe l'aimant entre les deux pôles, et sur laquelle la puissance magnétique paraît nulle. Dans un aimant régulier, la ligne moyenne partage la longueur de cet aimant en deux parties égales. L'existence de cette ligne est d'ailleurs facile à constater. Qu'on roule un aimant quelconque dans de la limaille de fer, on apercevra toujours, quand on le retirera, un espace situé entre les deux pôles et faisant le tour de l'aimant, sur lequel la limaille n'a pu se fixer ; tandis que, de part et d'autre de cet espace, les quantités de limaille attirée vont en augmentant jusqu'aux extrémités.

On peut encore conclure de cette expérience que la puissance magnétique croît de la ligne moyenne aux extrémités de l'aimant, ce qui est confirmé par d'autres expériences beaucoup plus précises.

167. Aiguille aimantée. — Boussole. — On

donne le nom d'aiguille aimantée à une petite barre d'aimant naturel, ou mieux d'acier aimanté, n'ayant que deux pôles situés vers ses extrémités. Si on suspend une aiguille de cette nature dans une position horizontale, soit au moyen d'un pivot vertical, soit avec un simple fil arrêté par son extrémité supérieure, on observe qu'après avoir oscillé quelque temps, elle s'arrête dans une direction particulière, à laquelle elle revient toujours quand elle en a été écartée. Dans cette direction, une de ses extrémités se trouve tournée du côté du pôle nord de la terre, et l'autre extrémité vers le pôle sud. Cette propriété d'une aiguille aimantée est encore une découverte ancienne, puisqu'elle est le principe sur lequel est fondé l'usage de la *boussole*, répandu déjà en Europe à la fin du douzième siècle.

La boussole, application la plus belle et la plus féconde en résultats qui ait été faite de la vertu magnétique, se compose de deux parties : la première est une boîte dont le fond est occupé le plus ordinairement par une plaque de cuivre, sur laquelle sont marqués les quatre points cardinaux et les rumbs des vents. Au centre s'élève un pivot d'acier trempé. La seconde partie de cet instrument, et qui en est la partie essentielle, consiste en une aiguille fine d'acier aimantée, munie en son milieu d'une *chape*. On appelle ainsi une petite cavité creusée ordinairement dans une pierre

d'agate fixée sur l'aiguille aimantée. La chape reçoit la pointe du pivot sur laquelle l'aiguille peut tourner ainsi librement dans une position horizontale. Est-il nécessaire de dire combien cet instrument est précieux aux navigateurs, dont il est le guide à travers les écueils et les vastes plaines de l'Océan?

168. Attractions et répulsions magnétiques. — Deux aiguilles aimantées suspendues horizontalement dans un même lieu, à une distance suffisamment grande, prennent des directions sensiblement parallèles. Mais si on les approche de telle manière que celles de leurs extrémités qui se dirigeaient vers les mêmes points de l'horizon soient très-voisines, on reconnaît qu'elles se repoussent. Si les extrémités qu'on approche ainsi se dirigeaient au contraire vers des points opposés de l'horizon, on observe entre elles une attraction. Ainsi *les pôles ou les extrémités semblables des aiguilles se repoussent, et les pôles contraires s'attirent.*

169. Fluides magnétiques. — Les physiciens, cherchant la raison de ces attractions ou répulsions, qu'on attribuait à un certain fluide auquel on donnait le nom de fluide magnétique, furent conduits à admettre l'existence de deux fluides magnétiques contraires, ainsi qu'ils avaient déjà reconnu l'existence de deux fluides électriques; et comme la terre se comporte dans les phénomènes magnétiques comme un puissant aimant, ayant ses centres d'ac-

tion situés vers son pôle boréal et vers son pôle austral, ils appelèrent l'un des fluides magnétiques *fluide boréal*, et l'autre, *fluide austral*. Les centres d'action de ces fluides dans un aimant reçurent pareillement les noms de *pôle boréal* et *pôle austral*.

Pour savoir quel est celui des deux pôles d'un aimant qui est le pôle boréal et quel est celui qui est le pôle austral, il suffit d'observer quelle extrémité se dirige vers le nord, et quelle extrémité se dirige vers le sud : il est clair que la première possédera le fluide austral, et l'autre le fluide boréal, d'après ce principe que *les fluides contraires s'attirent, et que les fluides de même nom se repoussent*.

170. ACTION DIRECTRICE DU GLOBE. — L'action que le magnétisme terrestre exerce sur une aiguille aimantée n'ajoute absolument rien à son poids, cette action est purement directrice; et cela paraîtra bien évident si on fait attention que la terre repousse l'un des pôles de l'aiguille avec la même intensité qu'elle attire l'autre.

171. DÉCLINAISON. — MÉRIDIEN MAGNÉTIQUE. — La direction de l'aiguille aimantée n'est point exactement dans le plan du méridien terrestre, mais forme avec ce plan un certain angle qu'on appelle *la déclinaison de l'aiguille aimantée*. Cette déclinaison n'est point la même pour tous les lieux, elle peut même être nulle pour quelques-uns. Elle n'est point non plus la même pour un même lieu dans tous les temps, mais subit des variations séculaires, dont

la raison n'est pas encore bien connue. A Paris elle est actuellement de 22° à l'*ouest*, c'est-à-dire que l'extrémité australe de l'aiguille aimantée s'éloigne du méridien terrestre pour se porter vers l'ouest, et que l'arc qui mesure cet écart est de 22°. Si on imagine un plan mené par la direction de l'aiguille aimantée, en chaque lieu et par le centre de la terre, la ligne courbe suivant laquelle ce plan coupera la terre sera *le méridien magnétique du lieu*.

172. Inclinaison. — Équateur magnétique. — Une aiguille d'acier suspendue librement dans une position horizontale, avant d'être aimantée, s'incline sur l'horizon une fois qu'elle a reçu les propriétés magnétiques. Il faut pour lui conserver sa première position diminuer la masse de l'extrémité qui s'incline, ou ajouter un petit contre-poids à l'extrémité qui se relève. Ce phénomène d'*inclinaison* de l'aiguille aimantée est une conséquence de l'action directrice même du globe. Cette inclinaison varie comme la déclinaison, suivant les temps et les lieux. Près de l'équateur terrestre il existe une suite de points où l'inclinaison est nulle, c'est-à-dire que l'aiguille aimantée y prend d'elle-même la position horizontale. Si on imagine une ligne passant par tous ces points, on aura ce qu'on appelle *l'équateur magnétique*, qui n'est point le même que l'équateur terrestre.

173. Variations de l'aiguille aimantée. — Outre

les changements de déclinaison et d'inclinaison que l'aiguille aimantée éprouve par les changements de lieu et de temps, elle subit encore d'autres variations qui se reproduisent périodiquement chaque année et chaque jour, et aussi de véritables *perturbations* qui se manifestent surtout à l'approche des orages, et toutes les fois qu'apparaît dans les régions polaires le phénomène connu sous le nom d'*aurore boréale* (255).

174. Sources du magnétisme. — *Procédés d'aimantation*. Le pouvoir magnétique du globe s'exerce non-seulement sur le fluide décomposé des aimants, il agit aussi d'une manière remarquable pour opérer la séparation des fluides contraires dans toutes les substances magnétiques. C'est à cette action que les aimants dits *naturels* doivent leurs propriétés, et elle est une source première et puissante de magnétisme au sein comme à la surface du globe.

Les faits d'aimantation par l'influence de la terre peuvent s'observer dans une multitude de circonstances; c'est ainsi, par exemple, que les paratonnerres, les barreaux et les espagnolettes de nos fenêtres, etc., deviennent sous cette influence de véritables aimants qui pourraient servir à en former d'autres, dans le cas où on ne posséderait que ceux-là.

Pour aimanter un barreau, quand on possède déjà un aimant soit naturel, soit artificiel, le procédé le plus simple consiste à faire glisser dans toute sa

longueur le barreau à aimanter sur l'un des pôles de l'aimant. En recommençant plusieurs fois cette friction toujours dans le même sens, et sur les faces opposées du barreau, on communiquera à celui-ci, d'une manière assez intense, les propriétés magnétiques. Cette méthode a reçu le nom d'*aimantation par la simple touche.*

Au moyen de deux aimants on augmente singulièrement l'énergie du magnétisme développé. Pour cela on appuie sur le milieu du barreau à aimanter fig. 44 *ab*, par leurs extrémités contraires *a'b'* et sous un angle très-aigu avec *ab*, les deux aimants; et on les retire ensuite en sens contraire, de telle manière que chacun d'eux frotte le barreau *ab* sur l'une de ses moitiés. C'est la méthode de la *double touche.*

On abrége l'opération précédente, et on favorise encore le développement du magnétisme, en plaçant le barreau sur les pôles contraires A et B de deux aimants fixes qui exercent déjà une aimantation par influence; mais il faut avoir soin que les aimants mobiles soient tournés de manière que les extrémités qui frottent le barreau *ab* soient de même nom que les pôles des barreaux fixes vers lesquels on les fait glisser.

175. L'ÉLECTRICITÉ, SOURCE DE MAGNÉTISME. — L'électricité seule est aussi une source de magnétisme.

On savait que la foudre, en tombant sur un navire, produisait quelquefois dans l'aiguille de la

boussole un renversement complet de ses pôles. Ce renversement n'étant autre chose qu'une aimantation en sens contraire, les physiciens essayèrent l'effet de fortes décharges de batteries électriques sur de fines aiguilles d'acier. Ces aiguilles en reçurent les propriétés magnétiques. Mais c'est surtout avec le secours de la pile que cette aimantation se produit d'une manière remarquable. Pour faire cette expérience, on place l'aiguille à aimanter dans un tube de verre, autour duquel on a roulé en spirale un fil de cuivre dont les révolutions consécutives se trouvent séparées les unes des autres par un faible intervalle, ou bien par une substance isolante, comme la soie. On fait communiquer ensuite l'une des extrémités du fil métallique à l'un des pôles de la pile en activité, et l'autre extrémité du fil à l'autre pôle. Un instant suffit au courant qui circule ainsi autour de l'aiguille, pour l'aimanter fortement. Les actions *électro-magnétiques* constituent actuellement une branche nouvelle et très-intéressante de la physique.

176. Déperdition du magnétisme. — Diverses causes peuvent affaiblir et même faire disparaître complétement les propriétés des aimants. Telle est, en premier lieu, l'action par influence du globe terrestre quand l'aimant se trouve fortuitement et pendant un temps assez long dans une direction plus ou moins contraire à celle qu'il prendrait s'il était librement suspendu. Il est clair que l'influence

terrestre, tendant alors à opérer dans l'aimant une nouvelle décomposition des fluides magnétiques contraire à la première, doit commencer par opérer une recomposition partielle ou totale des fluides déjà décomposés. On neutralise, en partie du moins, cette action défavorable du globe, en disposant aux extrémités des aimants des pièces de fer appelées *armures*, qui, recevant les propriétés magnétiques de l'influence des aimants, contribuent ensuite à conserver et même à augmenter, dans ceux-ci, les mêmes propriétés, par une influence réciproque.

Ce que nous venons de dire de l'action du globe, pour la déperdition du magnétisme, s'applique également à des aimants reposant sans ordre dans le voisinage les uns des autres. Ces effets destructeurs sont encore favorisés par des chocs violents. Mais la cause qui contribue le plus à l'affaiblissement sans retour des aimants artificiels, c'est l'élévation de la température, qui affaiblit la trempe des barreaux. Enfin, il n'est aucun aimant que la chaleur rouge ne dépouille complétement de ses propriétés magnétiques.

DIX-SEPTIÈME LEÇON.

LUMIÈRE.—PROPRIÉTÉS.—RÉFLEXION.

177. Définition. — La lumière est cet *agent* qui produit en nous la sensation nommée *vision*.

178. Corps lumineux, sources de lumière. — Les corps qui ont la propriété de mettre cet agent en mouvement sont *des corps lumineux* ou *des sources de lumière*. Tels sont le soleil et les étoiles. Un corps qui n'est pas lumineux par lui-même peut le devenir par l'effet d'une haute température, ou par la lumière qu'il reçoit d'un corps lumineux par lui-même. C'est ainsi que les planètes nous apparaissent lumineuses par la lumière qu'elles reçoivent du soleil.

179. Nature de la lumière. — La nature de la lumière est encore inconnue. Deux hypothèses très-différentes ont été émises à ce sujet.

Hypothèse de l'émission. — La première suppose qu'un corps lumineux envoie dans toutes les directions une substance très-ténue, dont la subtilité s'op-

pose à ce qu'on puisse constater son poids et son impénétrabilité; qui traverse certains corps sans perdre sa vitesse, est arrêtée par d'autres, etc. Des molécules de cette substance venant à rencontrer l'organe de la vue, une partie pénètre dans l'intérieur, atteint le fond de l'œil, et y produit la sensation. Telle est *l'hypothèse de l'émission*, à laquelle le nom de Newton a donné pendant longtemps une grande autorité.

Hypothèse des ondulations. — Dans la seconde hypothèse, on ne suppose pas qu'il y ait transport d'un agent matériel à de grandes distances, mais on admet que les vibrations des molécules mêmes des corps lumineux sont communiquées aux molécules d'un *fluide éthéré* répandu partout. Ces vibrations, se propageant à travers le fluide, arrivent à l'organe de la vue, qui les transmet au *nerf optique* (212). Telle est *l'hypothèse des ondulations.* La nature et la transmission de la lumière seraient alors analogues à la nature du son, et à sa transmission à travers l'air et les autres corps pondérables (82).

Descartes est l'auteur de cette seconde hypothèse, qui est généralement adoptée aujourd'hui, parce qu'elle donne une raison de chacun des phénomènes lumineux, et que la première est trouvée quelquefois insuffisante pour tout expliquer.

180. Rayon et faisceau lumineux. — Toute ligne partant d'un corps lumineux, et que la lumière suit

en se propageant, est ce que nous appelons un *rayon de lumière*.

La réunion de plusieurs rayons voisins forme *un faisceau lumineux,* qui prend le nom de *faisceau parallèle,* quand il est formé de rayons parallèles; de *faisceau divergent*, quand les rayons vont s'écartant à mesure qu'ils s'éloignent de la source de lumière; et enfin de *faisceau convergent,* lorsque les rayons concourent ou aboutissent vers un même point.

181. Des corps diaphanes, translucides et opaques. — On appelle *corps diaphanes* ou *transparents* ceux qui n'opposent pas de résistance au moins bien sensible à la propagation de la lumière; tels sont l'air, l'eau, le verre. Un *corps translucide* est celui à travers lequel on distingue le jour sans pouvoir reconnaître la forme des objets; tels sont le papier, le verre dépoli, etc.

Ceux qui, comme le bois, la pierre, les métaux, empêchent la transmission de la lumière, se nomment *corps opaques*. Il n'y a point de corps absolument opaques. Ceux que l'on range dans cette classe, comme l'or, deviennent translucides quand ils sont réduits en lames suffisamment minces.

182. Propagation de la lumière dans un milieu homogène. — Dans un milieu diaphane homogène, c'est-à-dire ayant partout les mêmes propriétés et au même degré, la lumière se propage toujours en ligne droite. On sait que s'il existe

un corps opaque sur la ligne droite qui joint l'œil à un objet lumineux, il est impossible d'apercevoir celui-ci. On peut encore démontrer cette propriété par l'expérience suivante :

Pratiquez au volet d'une chambre obscure une ouverture assez petite, par laquelle vous introduisez un faisceau de lumière solaire. Ce faisceau, rencontrant sur sa route ces corpuscules qui voltigent sans cesse dans l'air, les éclairera en donnant lieu à une trace brillante sensiblement rectiligne.

183. Vitesse de la lumière. — La vitesse de propagation de la lumière est prodigieuse ; un instant inappréciable lui suffit pour franchir les plus grandes distances que nous puissions observer à la surface de notre globe. C'est un astronome danois nommé Rœmer qui, le premier, a mesuré cette prodigieuse vitesse, et nous a appris que la lumière, pour venir du soleil à la terre, emploie 8 minutes 13 secondes, ce qui fait plus de 70,000 lieues par seconde.

184. Décroissement de l'intensité de la lumière. — L'intensité de la lumière décroît très-rapidement à mesure que l'on s'éloigne de la source lumineuse.

En effet, qu'on place un tableau translucide devant une source lumineuse, à la distance de 1 mètre, par exemple, et qu'on observe derrière le tableau l'effet produit par cette source : pour produire le même effet à une distance double, il faudra

employer quatre lumières égales à la première; donc celle-ci seule, à la même distance, ne répandrait sur le tableau que le quart de la lumière dont elle le couvrait dans le premier cas. A la distance de 3 mètres, neuf lumières égales n'éclaireraient pas mieux qu'une seule d'elles à la distance de 1 mètre seulement, ou, ce qui est la même chose, l'effet produit par une seule lumière à la distance de trois mètres n'est que le neuvième de celui qu'elle peut produire à la distance de 1 mètre, etc. Il résulte évidemment de là que *les intensités de la lumière à différentes distances sont*, comme celles de la chaleur (99), *en raison inverse des carrés des distances.*

185. Action des corps opaques. — Lorsque la lumière rencontre un corps opaque sur sa direction, une partie des rayons incidents(*) est absorbée par ce corps; les autres subissent une *réflexion irrégulière* qui les fait repasser dans les milieux déjà parcourus. C'est par cette lumière réfléchie que les corps opaques deviennent visibles, et, comme les planètes, se rangent même dans la classe des corps lumineux.

Ombre. — Puisque les corps opaques arrêtent les rayons de la lumière, il en résulte que, derrière la partie éclairée de ces corps, il doit y avoir un espace privé de lumière : c'est l'*ombre.*

(*) On appelle *rayons incidents* ceux qui tombent sur un corps; *rayons émergents*, ceux qui sortent d'un milieu diaphane.

Pénombre. — L'ombre ne se détache point brusquement de la lumière ; mais le passage de l'une à l'autre se fait au contraire par des *dégradations* ou nuances qui occupent une étendue plus ou moins grande, suivant les circonstances dans lesquelles se trouve le corps éclairé par rapport à celui qui l'éclaire. Cette ombre imparfaite a reçu le nom de *pénombre.*

186. Images produites par de petites ouvertures. — Les rayons solaires qui traversent un petit espace libre, circonscrit par les bords d'un ou de plusieurs corps opaques, comme serait une très-petite ouverture de forme quelconque pratiquée au volet d'une chambre noire, donnent toujours une image circulaire, lorsqu'on les intercepte à une distance convenable par un plan ou tableau perpendiculaire à leur direction. Supposons, par exemple, que l'ouverture soit un carré : chaque point du soleil donne dans la chambre obscure un faisceau carré qui, s'il était seul, projetterait sur le tableau un carré lumineux. Pour avoir le contour de l'image, supposons que notre faisceau lumineux, s'appuyant, d'une part, sur les bords de l'astre, et de l'autre sur le tableau, se meuve dans l'ouverture en suivant le contour du disque solaire, n'est-il pas clair que l'extrémité qui s'appuie sur le tableau doit y tracer un cercle lumineux? Nous n'avons point, il est vrai, un faisceau lumineux qui se meuve de la sorte, mais nous avons une infinité de

faisceaux, envoyés par chacun des points qui forment le contour du disque solaire, et l'effet est le même.

Si les rayons tombaient obliquement sur le tableau, au lieu d'une image circulaire, nous aurions une image ovale, telle que celle dont la terre nous apparaît parsemée sous le feuillage des arbres, et qui sont produites par les faisceaux lumineux que laissent passer les jours de ce feuillage.

Si, au lieu d'une forme circulaire, le disque apparent du soleil avait toute autre forme, la forme d'un croissant, par exemple, l'image prendrait la même forme, ainsi que le démontre notre raisonnement de tout à l'heure. C'est aussi ce qu'on observe dans les éclipses du soleil : l'image prend la forme d'un croissant quand l'éclipse est partielle, d'un anneau quand elle est annulaire.

Des considérations analogues expliquent les images renversées des objets extérieurs que l'on aperçoit sur les murs d'une chambre obscure, quand la lumière réfléchie par ces objets y pénètre par une petite ouverture. Les arbres, les édifices, les nuages, viennent s'y peindre avec leurs couleurs propres, mais d'une manière assez sombre. Nous verrons plus loin comment on peut rendre ces images aussi nettes que possible.

187. Réflexion de la lumière. — *Loi.* — Lorsqu'un rayon lumineux rencontre une surface polie, il se produit sur cette surface une réflexion

régulière d'une portion au moins de la lumière incidente. La loi de cette réflexion est la même que celle de la réflexion de la chaleur, la même que celle de la réflexion des corps élastiques (90); c'est-à-dire que si on mène une ligne droite perpendiculaire à la surface polie au point d'incidence, le rayon réfléchi fera avec cette perpendiculaire un angle égal à celui que forme avec la même ligne le rayon incident, et ces deux angles seront situés dans un même plan.

188. Miroirs. — On donne le nom de *miroirs* à toute surface polie destinée à produire la réflexion de la lumière. Les miroirs se construisent en verre étamé, ou bien avec des métaux. On les distingue en *miroirs plans* et en *miroirs courbes*, suivant la nature de la surface réfléchissante.

189. *Images.* — Lorsqu'un faisceau lumineux SI (fig. 45), après avoir été réfléchi par un miroir AB, rencontre l'organe de la vision, celui-ci est affecté de la même manière que si les rayons fussent arrivés simplement du point S′, où leurs directions concourent, en les prolongeant en ligne droite à partir de l'œil; de telle sorte que la source lumineuse apparaît placée au point S′ lui-même, qui devient ainsi une *image* du point S. Chacun des points d'un objet lumineux pouvant produire de même son image, l'ensemble de toutes ces images partielles forme l'image totale de l'objet lumineux.

Les images données par les miroirs plans sont

toujours de même grandeur que les objets mêmes, et placées derrière la surface réfléchissante comme ceux-ci sont placés devant.

Les images fournies par les miroirs sphériques convexes sont aussi de même sens que les objets qu'elles représentent, et situées encore, comme les précédentes, derrière la surface du miroir; mais elles se distinguent par leurs dimensions, toujours moindres que celles des objets. Ces deux sortes d'images sont *virtuelles*, c'est-à-dire qu'elles n'ont rien de réel, puisque ce n'est qu'en apparence qu'il y a un objet lumineux derrière la surface réfléchissante.

Mais il n'en est pas de même des images produites par les miroirs sphériques concaves. Par la forme même de ces miroirs, les rayons émanés d'un même point lumineux vont réellement se croiser, après réflexion, en un autre point qu'on appelle un *foyer*. Ce point de concours, devenant ainsi lui-même véritablement un point lumineux, est une image *réelle* du premier point. Il faut cependant, pour que cette image réelle puisse se produire, que le point lumineux soit placé à une distance suffisante du miroir.

190. Les images *réelles* qui proviennent de la réflexion de la lumière sur les miroirs concaves sont toujours placées en avant de ces miroirs, dans une position renversée par rapport à l'objet. Leur distance au miroir et leur grandeur dépendent de la distance de l'objet lui-même à la surface réfléchis-

sante : plus celle-ci est courte, plus les images s'éloignent du miroir, et plus elles sont grandes.

Si cependant l'intervalle qui sépare l'objet et le miroir était moindre que la *distance focale principale*, qui est la distance à laquelle vient se former l'image d'un objet très-éloigné, les faisceaux réfléchis ne seraient plus convergents, mais divergents; alors il n'y aurait plus d'image réelle, mais seulement une *image virtuelle*, qui se distinguerait de celles dont nous avons déjà donné la description (189), par ses dimensions, toujours beaucoup plus considérables que celles de l'objet.

191. *Miroirs ardents.* — Nous avons déjà montré, en parlant de la réflexion de la chaleur, comment les miroirs courbes pouvaient être employés à concentrer les rayons calorifiques en un point donné. Buffon avait construit des miroirs concaves au moyen desquels la chaleur seule du soleil devenait capable d'enflammer le bois et de fondre les métaux à des distances si considérables, qu'ils rappelaient le merveilleux des miroirs ardents d'Archimède incendiant la flotte romaine au siége de Syracuse.

Réflecteurs. — Les miroirs courbes sont aussi employés de la manière la plus avantageuse sous le nom de *réflecteurs*, soit pour concentrer la lumière en un point donné, soit pour la porter à de très-grandes distances, soit enfin pour la disperser sur un espace donné.

DIX-HUITIÈME LEÇON.

RÉFRACTION. — DÉCOMPOSITION DE LA LUMIÈRE.

—

192. Définition. — Lorsqu'un faisceau lumineux tombe sur la surface d'un corps diaphane, une partie de la lumière incidente se réfléchit, et l'autre partie pénètre dans le corps, en subissant ordinairement une certaine déviation à laquelle on a donné le nom de *réfraction*.

Tous les corps diaphanes ne réfractent point également la lumière, ou ne sont point également *réfringents :* le cristal, par exemple, l'est plus que l'eau, celle-ci plus que l'air, etc. En général, les corps transparents qui ont le plus de densité jouissent aussi à un plus haut degré de la propriété dont il est ici question; cependant il y a des exceptions.

193. Loi de la réfraction. — Un même corps fait subir à la lumière des déviations d'autant plus considérables, que celle-ci tombe plus obliquement sur la surface de ce corps. Si le faisceau est perpen-

diculaire à la surface du corps, la déviation ou la réfraction est nulle. La réfraction, dans tout autre cas, a pour effet d'éloigner le faisceau incident, ou de le rapprocher de la surface d'incidence, selon que la lumière passe d'un milieu moins réfringent dans un autre plus réfringent, ou d'un milieu plus réfringent dans un autre qui l'est moins.

Que l'on dispose, par exemple, dans une chambre obscure, un vase à parois transparentes et rempli d'eau (fig. 46), de manière qu'un faisceau solaire introduit dans la chambre rencontre obliquement la surface liquide; on verra le faisceau s'éloigner de la surface par laquelle il pénètre de l'air dans le vase, et s'approcher au contraire de la surface de séparation des deux milieux, quand il repassera du vase dans l'air. On peut remplacer avantageusement dans cette expérience le vase d'eau par un prisme A B C D E F en verre (fig. 47), et parce que cet instrument est plus commode à manier, et parce qu'au moyen de la forme prismatique on peut obtenir les déviations de la lumière les plus remarquables.

194. Cette action des corps diaphanes sur la lumière produit une multitude d'illusions dont nous ne pouvons nous défendre. C'est ainsi que, quand nous considérons un objet placé dans l'eau, nous ne le voyons jamais à la place qu'il occupe réellement, mais toujours plus près de la surface liquide qu'il ne l'est en effet : le point p, par exemple (fig. 48), apparaîtra en p' à un œil placé en O.

C'est par une illusion du même genre qu'un bâton plongé en partie dans l'eau nous apparaît brisé près de la surface liquide.

195. *Marche de la lumière dans l'air.* — Pour que deux milieux aient une différence capable de produire les phénomènes de la réfraction, il n'est pas nécessaire qu'ils soient de deux natures; une simple différence de densité dans les parties d'un même milieu suffit pour le diviser en milieux hétérogènes par rapport à la lumière. C'est ce qui a lieu, par exemple, dans les diverses couches de l'air. Il en résulte aussi que la lumière qui traverse ces couches ne se meut jamais en ligne droite. Ainsi, le soleil, les autres astres, et en général tous les objets que nous observons d'une grande distance, ne nous apparaissent jamais au lieu qu'ils occupent réellement. Cette déviation de la lumière que les astres envoient à la terre est encore un bienfaït de plus du Créateur; car elle nous fait jouir plus longtemps de leur clarté, en avançant le moment de leur *lever* et retardant celui de leur *coucher*. Nous lui devons encore cette aurore qui nous prépare à l'éclat du jour, et la douceur du crépuscule qui précède les ténèbres de la nuit.

196. *Mirage.* — La lumière qui, venant de parcourir un milieu diaphane, rencontre, sous une obliquité qui dépasse certaines limites, un autre milieu moins réfringent que le premier, subit, à la surface de séparation de ces deux milieux, une *ré-*

flexion totale qui la renvoie, comme ferait un miroir d'un poli parfait.

Cette réflexion totale de la lumière sous certaines incidences, combinée avec la réfraction, produit toutes les variétés du *mirage,* espèce de féerie montrant tout à coup aux regards étonnés des lacs transparents au milieu d'arides déserts, des ruines, des palais, des temples s'élevant sur les flots mouvants de la mer, des villes renversées suspendues dans les airs, etc.; images fantastiques d'objets souvent invisibles au spectateur, et qui lui sont apportées par des rayons déviés extraordinairement de leur route directe.

197. Des lentilles. — En tête des belles applications auxquelles la connaissance des lois de la réfraction a conduit le génie de l'homme, il faut placer sans contredit l'invention des verres lenticulaires ou *lentilles.* On appelle ainsi en optique des verres terminés en général par deux portions de surfaces sphériques, quelquefois une surface sphérique et une surface plane. Les uns sont à bords tranchants, comme la lentille bi-convexe M, les autres sont à bords épais, comme la lentille bi-concave N (fig. 49).

198. *Lentilles convergentes.* — Les premières tiennent de leur forme la propriété de faire converger vers un même point F (fig. 50) les rayons lumineux SI, SI'..., partis d'un autre point S, situé du côté opposé de la lentille à une distance suffisante.

Ces verres prennent en conséquence le nom de *lentilles convergentes*. Le point F s'appelle un *foyer conjugué;* et si les rayons tombent sur la lentille sous des incidences parallèles, leur point de concours, après qu'ils ont subi la réfraction, prend le nom de *foyer principal.*

Les rayons émergents, qui viennent aussi se couper en un même point F, y donnent une image réelle du point lumineux S, comme font les rayons réfléchis par les miroirs concaves. On obtiendra donc aussi au foyer des lentilles convergentes des images réelles des objets lumineux placés convenablement derrière ces verres.

Ce phénomène est particulièrement intéressant orsqu'on place une lentille convergente à l'ouverture du volet d'une chambre obscure, et qu'on dispose un écran à l'endroit où viennent se former les images des objets extérieurs. On obtient sur cet écran une véritable peinture, d'autant plus piquante que tout y a vie et mouvement, comme dans la nature même; mais ce paysage est renversé : il en est de même de toutes les images réelles données par les lentilles convergentes (fig. 51).

D'ailleurs la grandeur de ces images et leur distance à la lentille augmentent ou diminuent suivant que l'objet se rapproche ou s'éloigne lui-même de la surface d'incidence. C'est ainsi que l'objet A B produira, par exemple, l'image A′ B′, tandis que l'objet A′ B′ produirait l'image A B.

Si l'objet lumineux est à une telle distance que les rayons qui composent chaque faisceau incident puissent être considérés comme parallèles, l'image se placera au *foyer principal* de la lentille. Ainsi, quand on expose une lentille convergente en face du soleil, les rayons *émergents* donnent au foyer principal de la lentille une image de cet astre, à laquelle on trouve toutes les propriétés éclairantes et calorifiques des images produites par réflexion aux foyers des miroirs convergents.

De même qu'avec un miroir sphérique concave on peut rendre les rayons réfléchis parallèles ou même divergents, on peut aussi, avec une lentille à bords tranchants, donner aux rayons réfractés des directions parallèles ou divergentes. Il suffit pour cela de placer l'objet lumineux au foyer principal, ou entre ce foyer et la lentille.

199. *Lentilles divergentes.* — Les lentilles à bords épais dispersent, écartent les rayons des faisceaux qui les traversent; de là leur vient le nom de *lentilles divergentes.* Il n'y aura donc point ici de foyers ni d'images réelles, mais seulement des images virtuelles, comme cela a lieu pour les miroirs convexes. Ces images apparaissent toujours situées entre la lentille et les objets, moindres que ceux-ci, et droites.

Les lentilles à bords épais peuvent donc être de la plus grande utilité aux dessinateurs, pour réduire les dimensions des objets qu'ils dessinent.

Ce sont ces simples verres, mais surtout les verres convergents, qui donnent à la plupart des instruments d'optique leur pouvoir merveilleux. Nous avons donné, dans nos leçons de physique, une description succincte des plus usuels de ces instruments. Nous nous contenterons, dans cet abrégé, de redire un mot de la *loupe* ou *microscope simple.*

200. De la loupe. — Cet instrument ne consiste qu'en un simple verre convergent *m n* (fig. 52), d'un *très-court foyer,* c'est-à-dire tel que l'image d'un objet très-éloigné, comme serait le soleil, viendrait se former très-près de la lentille. On s'en sert pour voir des objets très-petits, ou des détails qui échapperaient à l'œil nu. Pour comprendre comment la loupe peut remplir cet objet, il faut d'abord admettre comme un fait, que nous ne distinguons nettement un point lumineux que par des rayons suivant des directions à peu près parallèles ou légèrement divergentes. Or, un objet très-petit rayonnant une faible quantité de lumière, il faudrait, pour que celle-ci produisît une impression suffisante, que l'objet fût extrêmement près de l'œil. Mais alors les rayons pénétreraient dans cet organe sous des directions trop divergentes. Une loupe *m n*, appliquée contre l'œil, rassemble d'abord une plus grande quantité de rayons destinés à produire la sensation; et en disposant l'objet *a b* à une distance convenable, on donne aux rayons

le degré de divergence qu'ils prendraient s'ils partaient d'un objet *a′ b′* semblable, mais plus gros, situé à la distance de la vision distincte : c'est pourquoi l'œil croit voir cet objet *a′ b′* au lieu de *a b*.

En un mot, la loupe substitue à l'objet *a b* une image virtuelle considérablement grossie.

201. De l'oeil. — On peut assimiler l'œil à une chambre obscure munie d'un appareil de verres convergents, destinés à produire sur un tableau des images nettes des objets extérieurs. La forme de cet organe est à peu près celle d'un globe enveloppé par une membrane d'un tissu ferme et serré qu'on appelle la *sclérotique*. Cette membrane se divise en deux parties, la *cornée transparente*, vers la partie antérieure de l'œil, et la *cornée opaque*, vulgairement blanc de l'œil. Ce globe est divisé en deux *chambres* par cette membrane colorée et de forme circulaire qu'on nomme l'*iris*. La chambre antérieure est remplie d'une humeur ressemblant à de l'eau, et qu'on nomme pour cette raison *humeur aqueuse;* la chambre postérieure contient une humeur appelée *humeur vitrée*, parce qu'elle ressemble à du verre fondu. L'iris est percé à son centre d'un trou circulaire appelé la *pupille de l'œil*. Derrière cette ouverture est un corps transparent, de forme lenticulaire, qu'on nomme le *cristallin*. Une membrane de couleur foncée, et qu'on appelle la *choroïde*, tapisse tout l'intérieur de la

chambre postérieure. Enfin, l'épanouissement du nerf optique tapisse le fond de cette chambre d'une dernière membrane mince et blanchâtre appelée la *rétine*.

L'humeur vitrée est destinée à rassembler et à faire converger vers le centre de l'iris un plus grand nombre de rayons lumineux. Ceux de ces rayons qui passent par la pupille traversent le cristallin et l'humeur vitrée en se réfractant, et vont peindre dans le fond de l'œil une image des objets extérieurs. Si cette image se trouve exactement sur la rétine, la vision est distincte; mais si elle se trouve en avant, ou si elle tend à se former nettement derrière cette membrane seulement, *on voit confusément.*

Les *myopes* sont sujets au premier de ces inconvénients; les *presbytes*, au second.

202. Myopisme. — Presbytisme. — On appelle myopes les personnes qui ont l'organe de la vue trop réfringent. Pour corriger ce défaut, elles sont obligées d'interposer entre les objets et l'œil des verres à bords épais, qui augmentent la divergence des rayons lumineux avant qu'ils pénètrent dans l'intérieur de l'œil. De cette manière, l'image des objets extérieurs se trouve reportée plus loin qu'elle ne tomberait naturellement. Sans ces verres, les myopes ne voient nettement que les objets qui sont très-près de l'œil, d'après ce principe que les images réelles fournies par un appareil convergent

s'éloignent d'autant plus que l'objet est plus près de l'appareil.

Le presbytisme est un défaut de l'âge, qui, amenant un aplatissement de la partie antérieure de l'œil et du cristallin, ôte à cet organe une partie de son pouvoir réfringent, et fait que les images tendent à se former au delà de la rétine. Pour les ramener en ce point, le *presbyte* est obligé d'éloigner de lui l'objet qu'il considère. Il sera dispensé de cette peine en se servant de verres à bords tranchants, pour diminuer convenablement la divergence des rayons au moment où ils atteignent l'organe.

203. Décomposition de la lumière. — Les corps diaphanes n'ont pas seulement la propriété de détourner les rayons lumineux de la route directe qu'ils suivraient dans le vide ; mais il arrive encore souvent qu'après avoir traversé quelqu'une de ces substances, la lumière en ressort peinte de mille couleurs différentes.

C'est ainsi qu'en suivant sur un écran, dans une chambre obscure, le faisceau solaire qui vient de traverser un prisme dans les conditions les plus favorables pour la réfraction, on obtient, au lieu d'une image blanche circulaire du soleil, une image oblongue présentant sept couleurs principales, avec toutes leurs nuances, dans cet ordre : *rouge*, *orangé*, *jaune*, *vert*, *bleu*, *indigo*, *violet*. Cette image reçoit le nom de *spectre solaire*.

Les couleurs du spectre appartenant au faisceau émergent, et celui-ci n'étant que le faisceau incident dispersé par l'action du prisme, on en conclut que la lumière blanche se compose de rayons diversement colorés et inégalement réfrangibles; le rouge est celui qui l'est le moins, le violet celui qui l'est le plus.

La composition de la lumière blanche peut se vérifier par l'expérience suivante, inverse de la première : si on reçoit sur une lentille ou sur un miroir convergent le faisceau coloré qui sort du prisme, tous ces rayons si diversement nuancés vont *recomposer* de la lumière blanche au foyer de la lentille ou du miroir.

Voici encore un moyen mécanique de recomposer la lumière blanche : sur un carton circulaire, collez sept petites bandes de papier peint, dont chacune représente, autant que possible, une des sept couleurs principales du spectre; placez ces bandes à côté les unes des autres, en les rangeant dans le même ordre que les couleurs du spectre qu'elles représentent; puis faites de même pour sept autres bandes, et recommencez jusqu'à ce que le carton soit entièrement couvert. Cela fait, imprimez au carton un mouvement de rotation rapide autour de son centre, toutes les nuances des bandes colorées disparaissent, et le carton paraît d'un blanc plus ou moins complet. L'explication de ce phénomène est facile : l'impression produite sur le nerf

optique ne cesse pas instantanément, lorsque l'objet qui produit la sensation se déplace; ainsi, la sensation du rouge dure encore quand la couleur suivante vient produire la sienne, et de même pour les autres. Il résulte alors de toutes ces sensations particulières une sensation composée, qui est la sensation du blanc.

204. Couleurs propres des corps. — La composition de la lumière blanche et sa décomposition par l'action des substances pondérables, voilà où il faut chercher la raison de cette prodigieuse variété de couleurs qui s'offre à notre admiration dans l'univers.

Tous les corps diaphanes ne décomposent pas la lumière de la même manière. Les uns, après avoir séparé les différentes espèces de rayons simples, paraissent les transmettre assez intégralement pour qu'on puisse dire qu'il n'y a absorption d'aucune espèce. Tel était le prisme qui nous a servi à démontrer la composition de la lumière. Tel est surtout le diamant : s'il paraît étinceler de mille feux divers, c'est qu'il transmet toute la lumière qu'il a reçue, non plus avec la couleur unique qu'elle possédait à son incidence, mais avec les mille nuances qui composaient cette couleur unique. D'autres, au contraire, éteignent une partie des rayons incidents, et nous apparaissent alors de la couleur qu'apportent les rayons qui ont échappé à l'absorption. C'est ce qui explique les effets produits par les verres et les

liquides colorés, l'azur magnifique des couches profondes de l'air, et une multitude d'autres phénomènes du même genre, qu'il nous est donné d'admirer tous les jours.

Mais cette variété infinie de couleurs qui parent la création, n'a pas son origine uniquement dans la décomposition de la lumière transmise par les substances diaphanes. Nous ne sommes bien souvent avertis de la présence des corps que par la lumière réfléchie qu'ils nous envoient. Or, la couleur n'appartient pas plus au corps vu par réflexion qu'à celui qui est visible par transmission. Pour s'en convaincre, qu'on expose au devant du spectre solaire des corps opaques différemment colorés, des fleurs, par exemple; chaque objet, quelle qu'ait été auparavant sa nuance, prendra celle du faisceau incident, et le même objct paraîtra successivement rouge, orangé, jaune, vert, bleu, etc., suivant la couleur de la lumière qui l'éclairera.

Les couleurs des corps vus par réflexion ne peuvent donc encore provenir que de la décomposition de la lumière incidente. Et en effet, comme sur une épaisseur suffisamment mince, il n'est aucun corps qui soit imperméable au fluide lumineux, une partie de la lumière incidente pénètre la couche superficielle au moins, ct y subit des réflexions qui la ramènent de nouveau hors du milieu. Mais elle éprouve dans ce double trajet des pertes inégales pour les différentes couleurs, et c'est de l'ensemble

de ces pertes que résulte la couleur composée des faisceaux réfléchis, ou ce qu'on appelle la couleur propre du corps. Un changement apporté à l'épaisseur de la couche pénétrable, ou bien à l'incidence de la lumière, pourra changer la quantité ou la proportion des rayons réfléchis, et produire de nouvelles nuances, d'où naissent ces reflets chatoyants que nous nous plaisons à contempler dans quelques étoffes, le plumage de certains oiseaux, etc.

Le blanc étant la réunion de toutes les nuances, les corps qui nous offrent cette couleur, comme le lis, le lait, sont donc ceux qui renvoient la lumière incidente, sans altérer la proportion des rayons qui la composent. Enfin, ceux qui sont noirs ne nous apparaissent ainsi que parce qu'ils absorbent toute la lumière incidente, sans en réfléchir aucune portion sensible. Le noir n'est donc pas une couleur proprement dite, c'est l'absence de toutes les couleurs.

DIX-NEUVIÈME LEÇON.

MÉTÉOROLOGIE. — MÉTÉORES AQUEUX.

---

205. Des météores. Objet de la météorologie. — On entend par *météores* tous les phénomènes at-

mosphériques et terrestres, soit accidentels, soit permanents, qui dépendent de l'action de la chaleur, de l'électricité, du magnétisme et de la lumière ; et l'on donne le nom de *météorologie* à cette partie de la science qui traite de ces phénomènes, en recherche les causes et en étudie les effets.

Cette étude est très-intéressante, et très-propre à chasser de l'imagination toute frayeur déraisonnable, parce qu'elle nous apprend à ne voir dans un météore, quel qu'il soit, qu'un fait naturel, ayant une cause physique ordinairement bien connue, et non plus un prodige sinistre, funeste avant-coureur d'événements à redouter.

Il est évident que nous ne devons point embrasser ici tous les faits de la météorologie ; c'est l'objet de la géographie physique. Aussi notre intention n'est-elle que d'offrir, dans quelques-uns de ces nombreux phénomènes, quelques nouvelles applications des lois physiques exposées dans les leçons précédentes.

206. Hygrométrie. — Presque tous les phénomènes météorologiques s'accomplissent au sein de cette masse d'air qu'on appelle atmosphère, qui environne la terre jusqu'à une hauteur de quinze à dix-huit lieues et qu'elle emporte avec elle dans sa révolution autour du soleil. Cette masse gazeuse se compose principalement de deux gaz, oxygène et azote, mélangés dans une certaine proportion (261), d'un peu de gaz acide carbonique, et d'une quan-

tité plus ou moins considérable de vapeur d'eau qui s'élève continuellement de la surface des mers, des lacs, des rivières, et de tous les corps humides qui couvrent notre globe. Les variations de cette vapeur se combinent avec celles de la température, pour occasionner la plupart des phénomènes météorologiques. Il importe donc de savoir déterminer à chaque instant l'état de l'humidité de l'air, afin de pouvoir découvrir les lois générales de ces phénomènes.

La partie de la physique qui s'occupe de la solution de ce problème a reçu le nom d'*hygrométrie*. Ce problème ne consiste pas précisément à déterminer la quantité pondérable de vapeur d'eau contenue dans l'air, ou dans un volume d'air donné, laquelle varie avec la température, qui hâte ou retarde l'évaporation.

Mais ce qu'il importe de connaître, c'est le rapport de la quantité de vapeur contenue dans l'air à celle qu'il contiendrait s'il en était saturé, c'est-à-dire s'il en contenait autant qu'il en peut contenir à sa température actuelle. De ce rapport dépend en effet l'action de l'humidité de l'air; c'est donc lui qui constitue réellement l'état humide de l'atmosphère, et c'est à déterminer ce rapport que sont destinés les instruments appelés *hygromètres* ou *mesureurs de l'humidité*.

Cette humidité agit sur un très-grand nombre de corps, et de diverses manières, en pénétrant dans

l'intérieur de leur masse, en s'insinuant entre leurs molécules. Elle les allonge ou les raccourcit, les tord ou les détord, les gonfle, etc., suivant leur nature et la disposition de leur tissu. Tout le monde sait bien, par exemple, qu'une corde neuve, exposée à la pluie ou à l'action de l'humidité, se raccourcit d'une assez grande quantité; ce qui s'explique avec facilité, en observant que l'humidité qui s'introduit entre les filaments qui forment cette corde les écarte les uns des autres, et doit par conséquent faire perdre à celle-ci en longueur ce qu'elle gagne en épaisseur. On sait bien encore que les toiles neuves subissent un retrait considérable : la raison en est la même que pour les cordes; car chacun des fils qui composent cette toile est une petite corde qui se raccourcit en particulier.

Les portes, les fenêtres de nos habitations se gonflent quelquefois au point de ne pouvoir plus s'ouvrir ou se fermer dans *les temps humides*. Toutes ces substances, sur lesquelles l'humidité exerce ainsi une action quelconque, sont appelées *substances hygrométriques*.

On a mis quelquefois les propriétés hygrométriques de certains corps à profit pour vaincre des résistances ou produire des effets mécaniques extraordinaires. C'est ainsi, par exemple, que le gigantesque obélisque de la place de Saint-Pierre de Rome a été élevé sur son piédestal en mouillant les cordes qui le soutenaient; c'est encore ainsi que de

simples coins de bois, gonflés par l'humidité, détachent de la masse du rocher ces énormes blocs de pierre qui forment les meules des moulins.

207. Hygromètres. — Sans doute que chacune des substances hygrométriques, préparée convenablement, peut servir à indiquer une plus ou moins grande quantité d'humidité contenue dans l'air, et former ainsi une espèce d'*hygromètre*. Mais presque tous ces hygromètres seraient défectueux, en ce sens que leurs indications ne seraient presque jamais les mêmes en les plaçant dans les mêmes circonstances, à des époques différentes. Ainsi, ce ne seraient point là des instruments de physique, puisqu'ils ne seraient pas comparables à eux-mêmes.

Hygromètre à cheveu. — Un hygromètre qui remplit les conditions d'exactitude que l'on peut désirer est l'*hygromètre de Saussure*, ainsi appelé du nom de son inventeur, M. de Saussure, savant Genevois, qui vivait vers la fin du dernier siècle. Sa construction est fondée sur la propriété que possède un cheveu bien lessivé de subir le même allongement ou le même raccourcissement, pour les mêmes degrés d'humidité ou de sécheresse. Cet hygromètre porte encore le nom d'*hygromètre à cheveu*. En voici la description :

On attache l'extrémité d'un long cheveu, bien lessivé, à un point fixe B (fig. 53), puis on enroule le cheveu lui-même sur une petite poulie *p*, dont l'axe porte une aiguille légère A, destinée à par-

courir les divisions d'un cadran D, qui sont les degrés de l'hygromètre; un petit contre-poids P donne au cheveu une tension continuelle et toujours égale.

Voyons maintenant le jeu de l'instrument. Quand l'air qui environne le cheveu devient plus humide, ce cheveu absorbe une nouvelle quantité d'humidité; il s'allonge, le contre-poids P descend en tirant le cheveu, et fait tourner en même temps la poulie; alors l'aiguille A marche dans un sens. L'air, au contraire, devient-il plus sec, le cheveu perd une partie de son humidité, se raccourcit, fait remonter le contre-poids P, et retourner la poulie ainsi que l'aiguille dans un sens opposé au précédent. Ces effets sont très-sensibles : il est facile de voir, par exemple, que le souffle de l'haleine détermine un grand mouvement de l'aiguille.

208. *Graduation de l'hygromètre.* — Pour *graduer* l'hygromètre ou former l'échelle hygrométrique, on place d'abord cet instrument sous une cloche contenant de l'air, et une substance capable d'absorber l'humidité du récipient, ordinairement de la chaux vive, qui a beaucoup d'affinité pour l'eau. L'aiguille de l'hygromètre descend; et quand elle a atteint une position stationnaire, ce qui peut n'arriver qu'au bout de deux ou trois jours, on marque sur le cadran au point où elle s'arrête le zéro de l'hygromètre. C'est le point de la sécheresse extrême.

On place ensuite l'hygromètre sous une autre cloche dont les parois sont mouillées; l'air renfermé se sature d'humidité, l'aiguille marche alors rapidement vers une position opposée à la première, et devient stationnaire au bout d'une heure au plus.

On marque 100° au point où s'arrête la pointe de l'aiguille; c'est le point de l'humidité extrême. L'intervalle compris sur le cadran entre les deux points marqués est enfin divisé en 100 parties égales, qui sont les degrés de l'hygromètre.

Quand cet instrument a été construit avec tout le soin nécessaire, on remarque que, lorsqu'il est placé dans les mêmes circonstances, ses indications sont toujours identiques : quelle que soit la température de l'air, s'il est saturé, l'instrument indique toujours 100°, et s'il est parfaitement sec, toujours 0°.

Avec cet instrument tout seul, on ne pourrait évidemment que constater des différences d'humidité dans l'atmosphère, car ses degrés ne sont point proportionnels aux états hygrométriques de l'air. La relation qui existe entre ces deux espèces de quantités a été recherchée par plusieurs séries d'expériences, et consignée dans des tables qu'on appelle pour cette raison *tables hygrométriques*. On y voit, par exemple, que l'hygromètre marquant 20°, 72°, 95°, 100°, l'état hygrométrique de l'air sera $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{9}{10}$, 1 : c'est-à-dire, que de toute la vapeur que l'air peut contenir à sa température actuelle, il n'en con-

tiendra que le dixième, ou la moitié, ou les neuf dixièmes, ou bien enfin qu'il sera saturé.

Les tables hygrométriques servent aussi à faire connaître la tension de la vapeur contenue dans l'air pour une température et un degré de l'hygromètre donnés, et on a ainsi tout ce qu'il faut pour résoudre les questions qui font l'objet de l'hygrométrie.

La moyenne des indications hygrométriques à la surface de la terre est d'environ 72°, c'est-à-dire que l'air y contient moyennement à peu près la moitié de la vapeur capable de le saturer. Dans les grandes pluies, l'hygromètre de Saussure, placé sous un abri, n'indique guère plus de 95°; d'où il résulte que l'atmosphère n'est jamais à la plus grande humidité.

En général, l'état hygrométrique de l'air diminue à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère. Sur le sommet des Alpes, Saussure n'a pas vu l'hygromètre monter au-dessus de 40°, ce qui indique que l'air ne contient jamais, à cette hauteur, plus du quart de la vapeur capable de le saturer.

209. *Autres espèces d'hygromètres.* — Tout le monde connaît encore ces hygromètres montés sous la forme de petits personnages qui, se couvrant d'un capuchon ou d'un parapluie, semblent inviter à se prémunir contre un changement de temps, ou bien paraissent annoncer, en se découvrant, le retour de la sérénité. Dans presque tous ces ins-

truments c'est une corde à boyau ou des filaments d'une substance végétale, qui, en se détordant ou en se tordant plus ou moins par l'humidité, font mouvoir un levier fixé à une de leurs extrémités.

Mais tous ces instruments ne méritent pas le nom d'*hygromètres :* leurs indications défectueuses ne sont d'aucune utilité. Quant aux pronostics de beau temps et de mauvais temps qu'on en voudrait tirer, ils seraient entièrement illusoires. On conçoit bien, en effet, que l'air puisse être chargé de vapeur d'eau sans que la pluie s'ensuive nécessairement.

De la déliquescence. — Le phénomène de la *déliquescence*, ou cette propritété que possèdent certains sels de se liquéfier à l'air, est aussi un phénomène hygrométrique qui se présente toutes les fois que la tension de la vapeur que le sel tend à émettre est moindre que la tension de la vapeur de l'air. Dans ce cas, celle-ci s'introduit entre les molécules du sel, qui peut finir par se fondre complétement dans cette eau.

210. Météores aqueux. — De l'humidité de l'air et des variations de la température naissent encore un assez grand nombre de météores qui nous frappent à peine, parce qu'ils se présentent fréquemment à nos observations, que nous maudissons peut-être légèrement quelquefois quand ils contrarient nos projets, mais qui n'en sont pas

moins admirables dans leur production et dans leurs effets. Tels sont les *brouillards*, les *nuages*, la *pluie*, le *serein*, la *rosée*, la *gelée*, la *neige*, et tous les autres météores que l'on peut désigner sous le nom de *météores aqueux*.

211. *Les brouillards.* — Les brouillards ne sont rien autre chose que de la vapeur d'eau qui se condense en subissant un abaissement de température.

Cette sorte de fumée blanchâtre qui s'élève d'un vase plein d'eau chaude est un véritable brouillard, qui ne diffère nullement des brouillards formés sur les mers, les lacs et les rivières; ils ont la même origine. Au moment de la formation de la vapeur d'eau, si la température de l'air est plus basse que celle de la vapeur, celle-ci se condense par le refroidissement, et apparaît sous forme de brouillard.

Il en sera de même toutes les fois qu'un air chaud et chargé de vapeurs rencontrera quelque corps dont la température sera moindre que la sienne. Telle est la cause des brouillards que l'on remarque fréquemment sur les rivières pendant l'été, après une pluie d'orage : l'air saturé d'humidité est plus chaud que la surface de l'eau; et dès qu'il approche des lieux où la fraîcheur de la rivière se fait sentir, la vapeur d'eau qu'il contient se condense à l'instant.

Telle est aussi la cause des brouillards qui se manifestent, pendant l'hiver, au moment du dégel,

Cette même cause servira également bien à expliquer pourquoi le souffle de l'haleine ternit une glace, et pourquoi, pendant l'été, une bouteille sortant de la cave se couvre de vapeur d'eau condensée.

Enfin deux courants d'air saturés de vapeur d'eau et inégalement chauds peuvent encore donner naissance à du brouillard, s'ils viennent à se rencontrer et à se mêler. C'est à de semblables mélanges que l'on doit attribuer la formation soudaine, au sein même de l'atmosphère, de ces brouillards plus ou moins épais qui en troublent la transparence et voilent le ciel, qui, peu d'instants auparavant, était d'une grande pureté. Ces brouillards peuvent avoir une autre origine; ils peuvent se former aussi directement au milieu des airs, par la condensation des vapeurs, lorsqu'elles s'élèvent en abondance dans des régions qui sont trop froides pour les maintenir à l'état gazeux.

212. *Les nuages.* — Les nuages sont des amas de brouillards, plus ou moins épais, suspendus à diverses hauteurs dans l'atmosphère, quelquefois immobiles, souvent emportés par des courants d'air ou par des vents impétueux.

Tous les brouillards qui se forment à la surface de la terre ou dans les airs deviennent des nuages, lorsqu'ils sont rassemblés et entraînés par les vents sans être dispersés.

213. *La pluie.* — La pluie est le résultat d'une

condensation assez forte de la vapeur d'eau formant les nuages, pour que les molécules de cette vapeur se réunissent en gouttes, au milieu même de l'atmosphère. Celle-ci ne pouvant plus les soutenir, leur propre pesanteur les précipite à la surface de la terre.

La quantité d'eau qui tombe en pluie varie selon les climats. En général, elle est beaucoup moins forte à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur et du voisinage de la mer, quoique les jours pluvieux soient en plus grand nombre en s'avançant vers le nord.

A Paris, année commune, la quantité d'eau de pluie est de 53 centimètres, c'est-à-dire autant qu'il en faudrait pour couvrir la terre à 53 centimètres de hauteur si toute celle qui tombe dans l'année était réunie. A Saint-Domingue, cette quantité est de 308 centimètres, ce qui fait à peu près six fois autant.

Dans les pays tempérés, les jours de pluie sont très-variables : entre les tropiques, au contraire, les pluies reviennent aux mêmes époques de l'année, et durent quatre, cinq et six mois. C'est à elles que l'on doit attribuer les débordements périodiques du Nil, du Gange, du fleuve des Amazones, et de tous les fleuves en général de la zone torride.

214. *Le serein.* — Le serein est un petite pluie fine qui tombe quelquefois sans que l'on aperçoive

de nuages au ciel. Dans nos climats, ce phénomène se manifeste seulement pendant l'été, et presque toujours au coucher du soleil. On l'observe surtout dans les vallées et dans les plaines basses, à une petite distance des lacs et des rivières : il est beaucoup plus rare sur les lieux élevés.

Une pluie sans nuages semble d'abord un phénomène impossible; cependant rien de si facile à expliquer. Pendant la chaleur du jour, tous les corps humides donnent une grande quantité de vapeur d'eau qui se répand dans l'air, sans en troubler la transparence. Mais lorsque le soleil disparaît au-dessous de l'horizon, la température de l'air atmosphérique baisse de plus en plus; la vapeur alors se condense en partie, selon le degré de refroidissement, et cette condensation produit le serein. On peut considérer le serein comme le commencement du phénomène suivant, la rosée.

215. *La rosée.* — Le phénomène de la rosée se remarque pendant les belles nuits d'été ; c'est elle qui remplit l'air d'une si délicieuse fraîcheur, et se rassemble en gouttelettes sur les feuilles des plantes et dans la corolle des fleurs : aux premiers rayons du soleil levant, cette rosée se vaporise, et remonte dans l'atmosphère, d'où elle venait.

Ce phénomène est dû tout entier aux lois du rayonnement de la chaleur (98) : la terre, échauffée pendant le jour par les feux du soleil, rayonne pendant la nuit vers les espaces célestes une partie

de la chaleur qu'elle avait reçue ; il en est de même des végétaux et des différents objets placés à la surface du globe. Cette déperdition de chaleur peut être telle que la température de ces corps devienne plus basse que celle de l'air environnant : on conçoit facilement alors que la vapeur d'eau contenue dans l'air, se trouvant en contact avec des corps plus froids qu'elle, doit se condenser et se déposer à leur surface.

Pour que la rosée puisse se produire, il faut que le ciel soit serein. S'il est couvert, les nuages réfléchissent vers la terre la chaleur que la terre leur envoie, et ainsi arrêtent son refroidissement.

Une légère agitation dans l'air, qui renouvelle les couches à mesure qu'elles se saturent de vapeurs par leur contact avec la surface de la terre, favorise encore singulièrement la formation de la rosée. Un vent violent l'empêcherait de se former.

Parmi les circonstances que ce phénomène présente, il en est une fort remarquable, c'est que la rosée ne s'attache pas indifféremment à tous les corps ; il y en a qu'elle semble fuir, tels que les corps polis, et d'autres qu'elle paraît rechercher de préférence, comme ceux qui sont ternes ou dépolis.

Tous ces effets sont encore la conséquence du rayonnement nocturne. La déperdition de la chaleur est en rapport avec le pouvoir rayonnant des corps (102), leur conductibilité et leur situation.

Dans les circonstances les plus favorables, un corps peut tomber à 8 ou 10 degrés au-dessous de la température de l'air. Toutes les fois donc qu'un corps aura une température plus basse que celle de l'air environnant, il se couvrira de rosée, parce qu'il condensera la vapeur d'eau en contact avec lui; tandis qu'un autre corps voisin demeurera parfaitement sec, s'il a conservé une température supérieure ou au moins égale à celle de l'air atmosphérique, parce qu'alors l'air qui le touche n'est pas refroidi jusqu'au point où la vapeur qu'il contient soit forcée de se condenser.

216. *De la congélation.* — La congélation est le passage de l'état de fluidité d'un liquide à celui de solidité.

La congélation d'un liquide est occasionnée par la privation de la chaleur qui le rendait fluide.

Tous les corps à l'état liquide ne se congèlent pas à la même température. L'huile d'olive, par exemple, se maintient congelée jusque vers dix degrés au-dessus de zéro. Le mercure ne se congèle que vers trente-neuf degrés au-dessous de zéro. L'eau ordinaire, dont nous allons exclusivement nous occuper, se congèle à la température zéro.

217. *Formation de la glace.* — Lorsqu'une masse d'eau est exposée, dans un vase, à un abaissement de température suffisant, on voit s'allonger d'abord à sa surface de petites aiguilles qui, en se multipliant, s'insèrent les unes entre les autres, et

finissent par ne plus former qu'une même masse solide, qui est la glace. Elle devient plus serrée et plus dure avec l'augmentation du froid.

Dans le cas d'une congélation lente, les aiguilles ont de petites dentelures, et se groupent de manière à imiter en quelque sorte les rameaux de la fougère. On observe souvent de ces congélations ramifiées à la surface des vitres, dans les temps de gelée.

218. *Augmentation de volume. Force expansive de la glace.* — En se congelant, l'eau augmente de volume, c'est-à-dire qu'elle occupe un plus grand espace que dans l'état de liquidité : elle devient par cela même plus légère qu'un égal volume liquide; voilà pourquoi elle flotte à la surface de l'eau.

Cette dilatation est due à l'acte même de la cristallisation. Dans cette circonstance, les molécules d'eau gelée, pour suivre les espèces d'alignements qui déterminent leurs nouvelles positions respectives, sont forcées de se développer dans un espace plus étendu que celui qu'exigeait l'état de liquidité.

Par cet arrangement que prennent tout à coup les molécules de l'eau, en vertu de l'attraction, qui, dans ce cas, agit très-puissamment pour les fixer, on entrevoit comment il peut en résulter dans la glace une force expansive considérable. De là les efforts qu'elle exerce contre les parois des diffé-

rents vases qui la contiennent; de telle sorte que ces parois sont souvent déchirées par ces efforts. Les pierres qui ont été mouillées avant la gelée s'exfolient ou se brisent si l'humidité avait pénétré jusque dans leur intérieur.

219. Plusieurs physiciens ont désiré éprouver jusqu'où pourrait aller cette force d'expansion de la glace. Un canon de fer, épais d'un doigt, rempli d'eau et fermé exactement, ayant été exposé à une forte gelée, se trouva crevé en deux endroits, au bout de douze heures.

D'autres savants firent crever de même une sphère de cuivre très-épaisse; et le calcul fit connaître que l'effort qui avait produit cet effet aurait suffi pour soulever un poids de 13,860 kilogrammes.

220. *Le givre ou gelée blanche.* — Le givre ou la gelée blanche s'observe, dans nos climats, pendant les fraîches matinées du printemps et de l'automne : ce n'est que de la rosée congelée sur les corps, descendus par le rayonnement nocturne à la température zéro ou au-dessous.

221. *Le verglas.* — Le verglas est une couche de glace unie, mince, transparente, qui couvre la terre et les différents objets répandus à la surface du sol.

La condition nécessaire à sa production, c'est que l'air soit assez chaud pour donner naissance à

la pluie, et que le sol soit assez froid pour congeler cette pluie à mesure qu'elle tombe.

222. *Neige. Grésil.* — Quand la température des régions élevées de l'atmosphère est suffisamment basse, la vapeur d'eau condensée, au lieu de se résoudre en pluie, tombe, selon le degré du refroidissement, tantôt en neige, sous forme de flocons légers de différentes grosseurs, et présentant des figures variées et symétriques; tantôt en grésil, qui n'est autre chose que de petites aiguilles de glace pressées et entrelacées, formant des espèces de pelotes assez dures et quelquefois enveloppées d'une couche de glace transparente. Ce grésil est très-commun dans nos climats, pendant les *giboulées* de mars.

223. *Grêle.* — Enfin, si la température de l'air est plus basse que dans les cas précédents, l'eau, dans ces froides régions de l'atmosphère, se prend en masses solides et compactes, variables de grosseur et de forme, qui se précipitent sur la terre avec une violence d'où résultent souvent les plus terribles dégâts : c'est la *grêle*. La grosseur des grêlons ordinaires varie depuis celle d'un pois jusqu'à celle d'une noisette; mais il en tombe souvent de beaucoup plus volumineux, qui brisent et dévastent tout ce qu'ils atteignent. On cite des grêlons dont le contour avait 38 centimètres, et d'autres du poids de deux cent cinquante grammes. La for-

mation de ces énormes grêlons, dans le sein même de l'atmosphère, n'est pas encore bien connue.

VINGTIÈME LEÇON.

MÉTÉORES AÉRIENS.

—

224. Définition. — Nous rangeons sous le nom de *météores aériens* tous les phénomènes qui ont pour principe une agitation quelconque produite dans la masse atmosphérique, quelle que soit d'ailleurs la cause de cette agitation : tels sont *les vents, les ouragans, les trombes*.

225. Des vents. — Le vent est un mouvement de translation de l'air par lequel une portion de l'atmosphère se déplace avec une vitesse plus ou moins grande.

Changements atmosphériques dus aux vents. — Suivant les points de l'horizon d'où ils soufflent, les vents apportent divers changements dans l'état de l'atmosphère sous le rapport de l'humidité ou de la température. Ainsi, ceux qui viennent des contrées du Nord nous amènent le froid, parce qu'ils nous apportent des masses d'air refroidi par les glaces du pôle boréal; ceux du sud, au contraire,

ayant traversé des contrées échauffées par le soleil, répandent chez nous de la chaleur. Les vents qui, venant de l'ouest, ont passé sur l'Océan, dont il nous apportent les vapeurs aqueuses, sont humides et pluvieux ; ceux de l'est, par une raison opposée, produisent la sécheresse.

226. *Vents réguliers et irréguliers.* — Les vents sont distingués en vents réguliers et irréguliers. On peut citer, pour les premiers, le vent général d'est, nommé *vent alizé,* qui souffle constamment de l'est à l'ouest, dans l'océan Atlantique, depuis l'équateur jusqu'au 28e ou 32e degré de latitude boréale et australe. Au delà de ce point, ce même vent se change en nord-est dans l'hémisphère boréal, et en sud-est dans l'hémisphère austral.

Tels sont encore les vents *périodiques* connus sous le nom de *moussons,* de l'océan Indien, qui soufflent du sud-ouest depuis avril jusqu'en octobre, et du nord-ouest pendant les six autres mois.

Les vents variables ou irréguliers sont ceux qui soufflent tantôt dans une direction et tantôt dans une autre, et qui commencent ou cessent sans aucune règle fixe. Tels sont ceux des zones tempérées.

227. *Vitesse des vents.* — Ces mouvements de l'air qui occasionnent les vents n'ont pas toujours la même vitesse : on leur donne des noms différents selon leur rapidité.

On appelle vent à peine sensible celui qui par-

court par seconde $0^m,5$; vent modéré, celui qui parcourt 2 m.; vent fort, de 10 à 20 m.; tempête, de 22 à 27 m.; ouragan, de 36 à 45 mètres.

228. *Causes des vents.* — Les vents résultent donc en général d'un défaut d'équilibre dans l'air; mais il n'est pas facile d'assigner toutes les causes qui peuvent troubler l'équilibre dans un océan si mobile. Nul doute que l'une des causes les plus puissantes qu'on puisse assigner aux vents ne soit la prompte condensation des vapeurs au sein de l'atmosphère, condensation pouvant quelquefois produire un vide immense qui ne peut se combler sans exciter une grande secousse atmosphérique. On doit dire, en général, que tout ce qui peut produire dans l'air des différences de densité ou de pression, y produit nécessairement une agitation, et est une cause de vents. Les rayons du soleil doivent donc avoir une grande part dans la plupart de ces phénomènes. C'est à leur action qu'on attribue les vents réguliers de la zone torride. Une masse d'air échauffée par son contact avec le sol brûlant se dilate, s'élève en vertu de sa légèreté spécifique, puis se déverse sur les couches supérieures en même temps qu'elle est remplacée inférieurement par l'air plus dense qui l'environne, et aux pressions duquel elle est obligée de céder. On explique semblablement ces courants d'air qui se font sentir sur les côtes de la mer, soufflant tantôt de la mer vers la terre, tantôt de la terre sur la mer, suivant que la

température de la terre est plus ou moins élevée que celle de l'eau. C'est encore l'influence des rayons solaires, vers le matin, qui donne naissance à ce vent frais qui devance l'aurore. Un simple nuage qui passe devant le soleil suffit pour troubler l'équilibre de l'air, en condensant les couches auxquelles il cache momentanément cet astre.

Un sol inégal, des terres humides, des marécages, sont encore autant de causes d'agitation dans l'air. C'est pourquoi le chêne de la fable plaignait le roseau de naître

> « .... le plus souvent
> « Sur les humides bords des royaumes du vent. »

229. *Vents funestes.* — Lorsque les vents ont traversé de vastes déserts de sable fortement échauffés par le soleil, ils deviennent brûlants et se chargent souvent d'exhalaisons funestes : ils prennent différents noms, suivant les pays où on les observe. Tels sont le samiel ou seimoun en Arabie, le khamsin en Égypte, et l'harmattan sur les côtes de Guinée, qui peuvent, au dire des voyageurs, suffoquer les hommes et les animaux.

On peut ranger dans la catégorie des vents funestes le *siroco*, vent du sud, qui se fait sentir dans la partie de l'Afrique voisine de la Méditerranée, et qui étend sa fâcheuse influence jusqu'au midi de l'Italie.

230. *Ouragans.* — Un vent d'une vitesse excessive est ce qu'on appelle un *ouragan*. Cette vitesse est quelquefois de vingt lieues à l'heure. Dans nos climats tempérés, les ouragans sont rares et peu violents, mais dans la zone torride et les contrées où les chaleurs sont fortes, les ouragans sont fréquents et se déploient avec une violence prodigieuse.

Ils se propagent, comme le vent ordinaire, par un mouvement de translation, dans une direction à peu près constante. On en pourrait citer qui ont parcouru quatre ou cinq cents lieues avec une intensité presque égale.

Les ouragans, dans leur marche, causent d'affreux désastres; des maisons solidement construites sont renversées, des parties de forêt sont couchées à terre, les plantations dévastées. On ignore encore comment l'air peut acquérir une vitesse si extraordinaire.

231. *Trombes.* — Le phénomène des *trombes*, auxquelles on donne aussi le nom de *typhons* et de *siphons*, est le plus extraordinaire dans les effets qu'il produit et le plus incompréhensible dans ses causes. Une trombe est un tourbillon de vent rapide qui descend des nuages jusqu'à la surface du sol, et parcourt souvent une vaste étendue de pays, en tournoyant, avec un bruit semblable à celui d'une voiture pesante courant au galop sur un chemin pavé.

On appelle *trombes d'air* celles qui parcourent la terre avec plus ou moins de rapidité; *trombes marines*, celles qui paraissent sur les mers, et *trombes d'eau*, celles qui se montrent au-dessus des lacs et des rivières.

Aucune partie du globe n'est à l'abri de ce redoutable phénomène. Tantôt il absorbe les eaux de l'Océan, entraîne et brise les vaisseaux qu'il rencontre sur son passage; tantôt il dessèche les lacs et les étangs, soulève des masses d'eau énormes, creuse dans le sol des excavations profondes, renverse les maisons, brise les plus gros arbres, les transporte à des distances considérables, et couvre de leurs débris et d'un déluge d'eau le terrain sur lequel il vient éclater.

Les globes de feu et de matière comme soufrée qui s'échappent souvent du sein de ces tourbillons, attestent certainement que l'électricité ne reste pas étrangère au phénomène aérien que nous venons de décrire.

232. Pluies de sang, de poussières et de graines. — Nous lisons quelquefois dans les historiens anciens que des *pluies de sang*, funestes pronostics, sont venues porter chez tout un peuple l'épouvante et la consternation. Ces pluies n'ont point disparu avec la superstitieuse antiquité, elles ne sont même pas très-rares. Mais leur couleur *sanguine* n'est plus qu'un phénomène dû tout simplement à une matière colorante que le nuage tenait en suspen-

sion. Ces pluies extraordinaires n'affectent pas toujours la couleur rouge; quelquefois même ce n'est qu'une chute de poussière sans eau. Mais quelle est la cause qui peut placer ces substances, souvent métalliques, au sein de l'atmosphère? On a pensé que la plupart pourraient bien avoir la même origine que les aérolithes dont nous parlerons tout à l'heure; mais d'autres physiciens présument que la puissance du vent est bien suffisante pour balayer à la surface de la terre de grands amas de substances diverses, et pour les emporter à de grandes hauteurs dans les airs : à l'appui de cette dernière opinion, on cite un fait assez curieux arrivé, il n'y a que peu d'années, en Perse. Non loin du mont Ararath, au mois d'avril 1827, il tomba une pluie de graines qui, en quelques endroits, couvrit la terre d'une couche de 16 centimètres d'épaisseur. Les moutons en mangèrent d'abord, et les hommes s'enhardirent ensuite à en faire un pain qui fut trouvé très-passable. Quelques échantillons de cette graine, envoyés à Paris par notre ambassadeur en Russie, furent reconnus pour appartenir à la famille des *lichens*.

233. Aérolithes. — Voici un de ces météores dont l'origine est enveloppée d'une obscurité que la science n'a pu encore pénétrer. Les *aérolithes* ou *météorites* sont des pierres qui tombent de l'air. Leur chute est ordinairement précédée de l'apparition d'un globe enflammé qui se meut dans l'espace avec une extrême rapidité, laissant derrière lui

une longue traînée de lumière. La grandeur de ce globe est tantôt comparable à la grandeur apparente de la lune, tantôt elle est moindre, quelquefois elle la surpasse. Après avoir brillé plus ou moins de temps, ce globe éclate tout à coup avec une ou plusieurs violentes détonations, suivies de la chute d'une ou de plusieurs masses solides. Ces masses arrivent brûlantes à la surface du sol, où elles répandent quelquefois une forte odeur de soufre. Les unes sont de nature pierreuse, d'autres formées de substances métalliques, particulièrement de nickel et de fer presque pur. Il en est dont le poids s'élève à des centaines de kilogrammes. D'où descendent ces masses? Les uns les font venir des volcans de la lune; d'autres les regardent comme des sortes de comètes ou des fragments de comète qui circulent dans l'espace jusqu'à ce que, se rencontrant dans la sphère d'attraction de notre globe, ils soient précipités à sa surface par la force de pesanteur : cette opinion paraît la plus probable. L'aérolithe qui est tombé dans la Calabre, en mars 1813, a été accompagné de circonstances qui ont pu faire prendre ces pierres pour de véritables débris de quelque masse cométaire. On vit venir de la mer, du côté de l'est, un nuage rouge qui répandit partout les ténèbres et l'effroi; on entendit dans l'air un bruit épouvantable et un mugissement semblable à celui des vagues irritées; l'éclair brilla, des traînées de feu sillonnèrent le ciel, puis il tomba de grosses gouttes

d'eau, des pierres et un sable rouge qui couvrit tout le pays. Ce sable était un composé d'argile, de chaux, de fer et de chrome.

834. ÉTOILES FILANTES. — Un autre phénomène, qui paraît avoir avec le précédent un rapport des plus intimes, c'est l'apparition de ces météores lumineux qui se portent d'un point du ciel à un autre, et auxquels on donne le nom d'*étoiles filantes* ou *tombantes*. Ce ne sont peut-être aussi que des débris, que des points lumineux et errants, des espèces de petites comètes rendues visibles, dans la traversée de notre atmosphère, par la chaleur prodigieuse qu'y développe leur marche excessivement rapide. Nous n'osons pas dire qu'il n'y a qu'une profonde ignorance qui pourrait supposer que ce sont de véritables étoiles qui se déplacent dans le firmament, ou même l'abandonnent pour s'élancer sur notre globe.

VINGT ET UNIÈME LEÇON.

MÉTÉORES ÉLECTRIQUES,

OU ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

MÉTÉORES LUMINEUX.

—

235. Identité de l'électricité avec la foudre. — L'identité du fluide électrique avec la matière de la foudre avait déjà été soupçonnée par divers physiciens, lorsque Franklin, après avoir reconnu le pouvoir des pointes dont nous avons parlé (144), proposa d'élever en l'air une verge de fer, terminée en pointe aiguë, et de s'en servir pour vérifier cette identité.

Un Français, nommé Dalibard, fut un des premiers qui mirent l'idée de Franklin à exécution. Il fit construire, en 1752, à Marly-la-Ville, sur un monticule, une cabane, au-dessus de laquelle il fixa une barre de fer de 13 mètres de hauteur, pointue par le haut et isolée par le bas. Un nuage orageux étant venu à passer dans le voisinage de cette barre, elle donna des étincelles à l'approche

du doigt, et l'on reconnut tous les effets des conducteurs ordinaires que nous électrisons à l'aide de nos machines.

236. Électricité différente des nuages. — Ces expériences, plusieurs fois répétées, firent aussi connaître que tous les nuages ne possèdent pas la même électricité, que les uns sont électrisés vitreusement et les autres résineusement.

D'où il suit que deux nuages chargés d'une même électricité doivent se repousser; ils s'attireront, si leur électricité est d'espèce différente. Ces attractions et ces répulsions entrent pour beaucoup dans les mouvements extraordinaires que l'on remarque dans le ciel au moment des orages.

237. Production de la foudre, de l'éclair et du tonnerre. — Au milieu de cette agitation générale, si deux nuages chargés d'électricités contraires viennent à se rencontrer, ils s'attireront mutuellement, et, arrivés à une certaine distance, leurs fluides électriques s'élanceront l'un vers l'autre pour se recombiner : de là cette immense étincelle que l'on nomme *éclair*, et cette détonation qui suit l'éclair, et à laquelle on a donné le nom de *tonnerre*. La trace de l'éclair est presque toujours une courbe en zigzag, ainsi que l'étincelle électrique produite par une forte décharge. On la voit souvent fendre la nue, et sillonner une grande étendue du ciel, qu'on a estimée être quelquefois de plus d'une lieue.

Le bruit qui se fait entendre après l'éclair est dû à une violente agitation de l'air, produite par le passage de l'électricité. Quant aux éclats, aux roulements du tonnerre, on doit particulièrement les attribuer au trajet de l'éclair à travers les différentes couches d'air qui ne reçoivent pas la même impulsion, parce qu'elles ne sont pas à la même température ni au même degré de sécheresse ou d'humidité. On peut dire, en général, que c'est la durée de l'éclair qui détermine la durée du tonnerre ; mais il arrive souvent aussi qu'il est répété et prolongé par les échos des forêts, des vallées, des montagnes ou des nuages eux-mêmes.

Quand on a vu briller l'éclair, l'effet de la foudre est produit ; le reste n'est plus que du bruit.

Ce bruit, qui constitue le tonnerre, ne se fait généralement entendre qu'un temps plus ou moins long après l'éclair ; cela tient à ce que le son se propage bien moins vite que la lumière (88-183) : plus il s'écoule de temps entre l'apparition de l'éclair et le bruit du tonnerre, plus le nuage orageux est éloigné, moins le danger est imminent. On peut juger de cet éloignement en mesurant le temps écoulé entre l'un et l'autre : chaque seconde (ou chaque battement du pouls qui s'effectue à peu près dans ce même espace de temps, quand il est bien réglé) représente une distance de 340 mètres, un peu moins qu'un demi-quart de lieue.

Si l'éclat du tonnerre suit immédiatement l'éclair,

on peut être certain que la foudre *est tombée* sur quelque lieu voisin.

238. FOUDROIEMENT DIRECT. — Mais comment cette chute de la foudre peut-elle arriver? Le voici: la foudre ne se produit pas seulement lorsque deux nuages électrisés différemment sont en présence l'un de l'autre; elle peut aussi éclater lorsqu'un nuage orageux, chargé d'une espèce d'électricité, s'approche assez d'un point quelconque de la surface de la terre pour décomposer par influence (137) l'électricité neutre de ce point; au moment où les deux électricités contraires se réunissent, il y a éclair, explosion et commotion violente. On dit alors que ce point *est foudroyé directement*, ou, comme le vulgaire, que la *foudre est tombée sur ce point*, quoique, en réalité, rien ne soit tombé; il n'y a eu que combinaison de deux fluides électriques.

237. FOUDROIEMENT PAR LE CHOC EN RETOUR. — Quand un nuage orageux, après avoir décomposé par influence le fluide neutre d'un point quelconque de la surface de la terre, vient lui-même à rentrer instantanément à l'état neutre par l'effet de quelque nuage voisin électrisé différemment de lui, l'influence qu'il exerçait sur le point en question cesse aussitôt, et les deux fluides séparés s'élancent l'un vers l'autre avec violence pour se recombiner.

Le lieu où s'opère cette recomposition brusque est foudroyé par le choc en retour; il est foudroyé

sans que la *foudre soit tombée*, c'est-à-dire sans qu'il y ait eu explosion entre lui et le nuage orageux.

240. Pourquoi la foudre est déterminée a tomber sur un point plutôt que sur un autre. — La nature du sol, son état de sécheresse ou d'humidité, la conductibilité des matières qui composent les différentes couches de terrain, sont des éléments qui déterminent l'explosion de la foudre sur un point plutôt que sur un autre : les éminences, le sommet des montagnes, les clochers, et en général les édifices élevés sont frappés de préférence, parce qu'ils sont plus rapprochés des nuages orageux. Les arbres, à cause de leur élévation et en raison de l'humidité qu'ils contiennent, sont d'assez bons conducteurs de l'électricité; c'est pourquoi ils sont souvent frappés de la foudre, et les plus hauts les premiers. Aussi est-il dangereux, surtout dans une plaine où quelques pieds d'arbre isolés sont répandus çà et là, d'aller, pendant un orage, chercher un abri sous l'épaisseur de leur feuillage.

241. Effets produits par la foudre. — Dans le plus grand nombre de cas, la foudre éclate au milieu des airs sans occasionner aucun ravage sur la terre; quelquefois cependant il n'en est pas ainsi.

On a observé que le choc en retour est moins violent dans ses effets que le choc direct; il ne produit point de combustion; mais il est certain quo

les hommes et les animaux peuvent en être frappés de mort : on ne remarque alors sur eux aucune trace quelconque, ni brûlure, ni plaie, ni fracture.

Les effets du choc direct sont plus terribles. Quand la foudre *tombe* sur le sol, elle y marque son passage par un ou plusieurs trous plus ou moins profonds, la terre en est remuée et arrachée; les arbres sont quelquefois fendus et brisés, ou marqués de la cime au pied par un sillon de plusieurs centimètres de profondeur. Quand elle éclate sur des toits de chaume, sur des charpentes séchées par le temps, elle y met ordinairement le feu et produit des incendies. Les hommes et les animaux atteints de la foudre perdent souvent la vie, en présentant des traces de brûlure et des lésions plus ou moins considérables. Quand elle éclate sur nos habitations, presque toujours les meubles sont déplacés, renversés. De fortes explosions ont pu arracher des barres de fer de leurs scellements, transporter au loin des masses considérables, fondre et volatiliser des métaux. Il n'est pas rare, par exemple, de voir dans une maison foudroyée les cordons en fil de fer des sonnettes dispersés en fumée.

Dans ces explosions de la foudre, il se passe souvent des phénomènes étranges. Cette puissance semble agir avec une sorte de discernement : elle paraît fuir quelquefois ou respecter un objet qui se trouve sur son passage, pour en aller chercher un

autre qui est très-loin et caché, comme un clou au milieu d'une masse de maçonnerie.

La différence de conductibilité des divers matériaux employés dans la construction d'un édifice, comme le bois, les pierres, les métaux, suffit pour donner l'explication de ces faits singuliers.

242. PARATONNERRE. — Les désastres de la foudre sont incontestables, souvent même ils sont affreux. Franklin nous a appris à conjurer, à désarmer cette terrible puissance, au moyen de cet appareil auquel on a donné le nom de *paratonnerre*.

Il se compose d'une longue tige de fer qui se termine en pointe par une de ses extrémités, et communique avec le sol par *un conducteur*, qui est une longue barre ou corde aussi de fer, fixée à son autre extrémité. Pour que la pointe qui termine le paratonnerre ne s'altère pas à l'air, on la fait de platine, ou bien d'argent ou de cuivre doré. On implante cette tige sur le sommet des édifices que l'on veut préserver, et le conducteur, qui part du pied de cette tige, descend le long de la muraille pour aller se perdre dans le sol, en un lieu qui soit bon conducteur du fluide électrique, comme serait un terrain humide, ou, mieux encore, un puits, une citerne.

Lors donc qu'un nuage orageux passe au-dessus du paratonnerre, le fluide naturel de ce corps se

trouve décomposé par influence, et cette décomposition s'étend même jusqu'au sol par le moyen du conducteur. Il se produit alors, à la pointe de l'appareil, un écoulement continu du fluide contraire à celui du nuage, qui va recomposer, sans secousse, une partie de l'électricité de celui-ci, à travers les couches d'air intermédiaires, et lui ôte ainsi le pouvoir de nuire. Cependant l'accumulation du fluide dans le nuage pourrait être si intense, que la foudre éclatât sur le paratonnerre lui-même; mais alors le fluide électrique suivrait le chemin qui lui est tracé par le conducteur, irait se perdre *dans le réservoir commun* (139), et l'édifice serait préservé.

On voit combien il est essentiel que la communication du conducteur avec le sol soit bien établie, et qu'il n'y ait dans la conduite du paratonnerre aucune solution de continuité afin d'éviter les accumulations du fluide dans le conducteur. Un paratonnerre qui manquerait à ces conditions serait plutôt dangereux qu'utile : témoin la fin déplorable du professeur Richmann à Saint-Pétersbourg. Il avait interrompu momentanément la conduite d'un paratonnerre qui passait dans son cabinet : comme il eut ensuite le malheur de s'en approcher, un spectateur vit une étincelle grosse comme le poing s'élancer du conducteur, et venir frapper au front Richmann, qui tomba mort.

La tige d'un paratonnerre peut préserver autour

d'elle des atteintes de la foudre un espace circulaire d'un rayon double de sa hauteur; en sorte que si cette tige a de 6 à 10 mètres, sa vertu protectrice s'étend tout autour d'elle à une distance de 12 à 20 mètres. Le conducteur, pour offrir un écoulement suffisant au fluide électrique, doit aussi avoir une certaine épaisseur, 16 millimètres environ.

Il ne faut pas croire, comme se l'imaginent encore un grand nombre d'habitants de la campagne, que la présence d'un paratonnerre, tout en protégeant l'habitation qui le porte, attire de préférence la foudre sur les habitations environnantes qui en sont dépourvues. A l'époque de l'invention de cet appareil, des procès furent même intentés de voisins à voisins pour cette seule raison.

Il suffit de comprendre ce que nous avons dit de l'action du paratonnerre sur les nuages orageux, pour être convaincu que cette crainte n'a aucune sorte de fondement.

243. Feux Saint-Elme. — On a donné le nom de *feux Saint-Elme* aux aigrettes lumineuses qu'on aperçoit quelquefois, pendant les orages, à l'extrémité des pointes, particulièrement au sommet des mâts de navire. Ces aigrettes sont dues à l'écoulement de l'électricité, décomposée par la présence d'un nuage orageux.

244. Aurore boréale. — Le phénomène de l'*aurore boréale*, connu des anciens sous le nom de *torche ardente*, est assez rare dans nos climats.

Paris en a eu quelques reflets en 1831 et en février 1837. Mais, vers les régions polaires, ses apparitions sont si régulières et si permanentes, qu'on peut dire avec raison que l'aurore boréale est le soleil de ces contrées. Quand ce phénomène doit paraître, on commence, après la chute du jour, à distinguer une lueur confuse vers le nord ; bientôt des jets de lumière s'élèvent au-dessus de l'horizon ; ensuite on voit à de grandes distances deux vastes colonnes de feu, l'une à l'occident et l'autre à l'orient, qui montent lentement vers le ciel, et qui, à mesure qu'elles s'élèvent, changent sans cesse de couleur et d'aspect ; leur éclat passe du jaune au vert foncé ou au pourpre éclatant ; leurs sommets, parvenus à une grande hauteur, s'inclinent l'un vers l'autre et se réunissent pour former une voûte de feu d'une immense étendue.

Cet arc se soutient majestueusement dans l'espace, pendant des heures entières. Des traits de feu, qui le sillonnent sans cesse, s'élancent au dehors comme des fusées étincelantes, et vont se concentrer au delà du zénith, dans un petit espace circulaire qu'on appelle la *couronne* de l'aurore boréale. Quand la couronne est formée, l'aurore a étalé toute sa magnificence. A partir de cette époque, le phénomène commence à s'affaiblir, la couronne disparaît, l'arc devient plus pâle, puis on n'aperçoit plus que des lueurs incertaines qui se déplacent lentement et s'éteignent.

Le pôle austral a aussi ses aurores resplendissantes, comme le pôle boréal. Quelle est la cause de ce météore magique? Elle n'est pas encore bien connue. Tout porte à croire que c'est ici un phénomène électro-magnétique, car le sommet de l'arc étincelant de l'aurore boréale est généralement dans le méridien magnétique, et sa couronne, vers laquelle s'élancent les gerbes lumineuses qui semblent partir de l'horizon ou de l'arc lui-même, se trouve toujours à peu près dans le prolongement de l'aiguille d'inclinaison.

245. Météores lumineux. — *Arc-en-ciel.* — Il existe un grand nombre de phénomènes météorologiques ayant pour principe les lois et les propriétés de la lumière; l'un de ces phénomènes qui s'offrent fréquemment à notre admiration, est l'*arc-en-ciel.*

La lumière du soleil, venant à tomber sur un nuage qui se résout en pluie, éprouve de la part des gouttes d'eau des réfractions qui la décomposent. Il y a séparation des différents rayons colorés sous *certaines incidences* qui varient d'une couleur à l'autre. Ces rayons, amenés par une réflexion subie dans l'intérieur même de la goutte d'eau, à l'œil d'un spectateur qui tourne le dos au soleil, y produisent la sensation d'un arc formé de bandes colorées : ces bandes offrent les mêmes nuances que le spectre solaire, et dans le même ordre, la bande violette étant intérieure, et la bande rouge extérieure à l'arc (203).

Ordinairement, on aperçoit un second arc qui enveloppe le précédent, et dont les bandes sont rangées dans un ordre inverse. Ce second arc est produit par des rayons colorés qui ont subi deux réflexions avant d'arriver à l'œil de l'observateur.

La lumière de la lune peut aussi donner un arc-en-ciel, surtout quand elle est pleine et qu'elle brille de tout son éclat; mais les couleurs en sont toujours pâles et fauves.

La pluie des cascades et des jets d'eau présente aussi, comme celle des nuages, les couleurs de l'arc-en-ciel, quand, éclairée par les rayons du soleil, on la regarde en tournant le dos à l'astre.

246. *Halos.* — Les halos sont des cercles brillants et ordinairement colorés qui apparaissent autour du disque du soleil ou de la lune. Dans certaines circonstances, on observe un second halo beaucoup plus grand que le premier, mais concentrique avec lui. On ignore la cause certaine de la formation des halos, mais on pense qu'elle est due à de la lumière réfractée par des particules glacées, suspendues dans les hautes régions de l'atmosphère.

247. *Parhélies et parasélènes.* — Un autre météore lumineux, plus surprenant que celui des halos, se fait voir encore quelquefois aux habitants des hautes latitudes : c'est le singulier phénomène des *parhélies.* Il consiste dans l'apparition simultanée de plusieurs soleils, images fantastiques du so-

leil véritable, réunies entre elles par des arcs blancs et brillants. Ce météore, dont la cause n'est pas encore bien connue, ne saurait être attribué, à cause de l'absence des couleurs, qu'à de la lumière réfléchie, peut-être par les mêmes particules de glace qui produisent les halos.

Pareilles apparitions se font voir par rapport à la lune. On leur donne le nom de *parasélènes*.

APPENDICE.

NOTIONS DE CHIMIE.

---

248. Définition de la chimie. — La chimie est une science qui a pour objet l'étude des propriétés particulières des corps, et des actions moléculaires réciproques qui entraînent en eux des changements durables ou qui altèrent leur nature.

En quoi elle diffère de la physique. — Ces deux caractères distinguent la chimie de la physique, qui ne s'occupe que des propriétés générales des corps et des actions réciproques qui ne produisent pas en eux de changements durables.

249. Corps simples et corps composés. — La

chimie partage les corps en deux grandes classes : les corps simples et les corps composés. On appelle *corps simples* ou *élémentaires* ceux dans lesquels on n'a pas pu jusqu'ici découvrir plusieurs sortes de matières. Tels sont le fer, l'or, dont on n'a pu encore tirer que du fer ou de l'or.

On appelle *corps composés* ceux dont on peut extraire plusieurs substances jouissant de propriétés différentes. Ainsi, l'eau est un corps composé, parce que l'on en peut extraire deux substances différant entre elles, et différant aussi de l'eau, par leurs propriétés particulières.

250. ANALYSE ET SYNTHÈSE. — On appelle *analyse* l'opération par laquelle on sépare les éléments qui forment un corps composé. La *synthèse* est l'opération par laquelle on reforme un corps composé, en mettant ses éléments en présence, et en déterminant leur combinaison.

251. *Nombre des corps simples.— Leurs noms.* Les chimistes reconnaissent aujourd'hui 55 corps simples, dont voici la liste :

Oxygène.	Vanadium.	Hydrogène.	Étain.	Thorium.
Fluor.	Chrome.	Osmium.	Plomb.	Aluminium.
Chlore.	Tungstène.	Iridium.	Cérium.	Yttrium.
Brome.	Carbone.	Rhodium.	Lanthane.	Glucynium.
Iode.	Bore.	Platine.	Cobalt.	Magnésium.
Azote.	Silicium.	Palladium.	Nickel.	Calcium.
Soufre.	Columbium.	Mercure.	Fer.	Strontium.
Sélénium.	Titane.	Argent.	Cadmium.	Baryum.
Phosphore.	Antimoine.	Cuivre.	Zinc.	Lithium.
Arsenic.	Tellure.	Urane.	Manganèse.	Sodium.
Molybdène.	Or.	Bismuth.	Zirconium.	Potassium.

On divise ces cinquante-cinq corps simples en

corps métalliques et corps non métalliques. Le caractère distinctif des métaux, c'est d'être en général bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité, et de prendre sous le brunissoir un certain éclat qu'on appelle *éclat métallique*.

Tous les corps composés résultent de diverses combinaisons entre les cinquante-cinq corps simples métalliques et non métalliques. On donne les noms de composés *binaires*, *ternaires*, *quaternaires*, à ceux qui sont formés de l'union de deux, de trois, de quatre corps simples ou élémentaires.

252. Acides et oxydes. — Parmi les corps simples non métalliques, il en est un qui a la propriété de s'unir à chacun des autres corps, c'est l'oxygène. Les composés résultant de ses combinaisons se nomment *acides* ou *oxydes*. Les premiers sont ceux qui font passer au rouge la teinture bleue d'un végétal qui est le *tournesol;* les seconds, ceux qui ne la rougissent pas. Il existe d'autres composés binaires, qui, n'étant point le résultat d'une combinaison avec l'oxygène, rougissent cependant aussi la teinture de tournesol : ce sont encore des acides. Les noms de tous les acides sont terminés en *eux* ou en *ique*. On dit, par exemple, acide sulfureux, acide sulfurique. La première terminaison indique, parmi les acides, un acide moins oxygéné; la seconde, un acide plus oxygéné.

253. Alcalis. — Quelques oxydes verdissent le

sirop de violette, et ramènent au bleu le tournesol rougi par les acides. On leur donne quelquefois le nom d'*alcalis*. La même propriété se trouve à un haut degré dans un composé d'hydrogène et d'azote que l'on appelle *ammoniaque*, et auquel les anciens chimistes avaient donné le nom d'*alcali volatil* (264).

254. De quelques autres composés binaires. — Les composés binaires qui ne sont ni des acides ni des oxydes se désignent par les noms des corps composants, en donnant à l'un d'eux la terminaison *ure*. Ainsi l'on dit *sulfure de fer*, pour exprimer un composé de soufre et de fer.

255. Alliages. — Amalgames. — Tout composé formé uniquement de métaux prend le nom d'*alliage*. Si le mercure est un des métaux en combinaison, le composé prend le nom particulier d'*amalgame*. Ainsi, un amalgame d'argent, un amalgame d'or, est un composé de mercure et d'argent, de mercure et d'or.

256. Sels. — Les acides, en s'unissant aux oxydes métalliques, forment des composés dans lesquels les propriétés de l'acide et celles de l'oxyde se neutralisent plus ou moins. Ces composés forment la classe nombreuse des sels. On appelle *base salifiable* l'oxyde, dont les propriétés neutralisent ainsi plus ou moins celles d'un acide. On range encore dans la classe des *sels* tout composé dans lequel un corps quelconque joue, vis-à-vis

d'un acide, le rôle de base salifiable, ou bien dans lequel un corps quelconque joue, vis-à-vis d'une base salifiable, le rôle d'acide, et certains autres composés, comme le chlorure de sodium ou sel marin, qui offre la plus grande analogie avec les sels.

257. Nomenclature des sels. — On désigne un sel, en faisant précéder le nom de la base, ou simplement du métal de la base, par le nom de l'acide terminé en *ate*, si l'acide a la terminaison *ique*, ou bien terminé en *ite*, si l'acide a la terminaison *eux*. Ainsi, un sel formé de l'union de l'acide sulfurique avec l'oxyde de potassium, vulgairement appelé *potasse*, se nommera *sulfate de potasse*; la combinaison de l'acide sulfureux avec le même oxyde se nommera *sulfite de potasse*. Généralement, les terminaisons en *ite* et en *ate* indiquent des sels.

Nous ne pouvons nous étendre davantage sur la nomenclature chimique. Nous allons passer aux propriétés de quelques corps dont les noms reviennent souvent dans les traités de physique, et qui s'offrent d'ailleurs fréquemment dans les usages de la vie.

DE L'OXYGÈNE.

258. L'oxygène est gazeux, incolore, sans odeur ni saveur. Il est un peu plus pesant que l'air. Ce corps est très-répandu dans la nature, où il joue un

grand rôle. Il est un des éléments de l'air et de l'eau, des matières végétales et animales et de presque tous les composés connus.

Seul, il peut entretenir la vie des animaux. C'est par lui que l'air qu'on respire est *vital*, c'est par lui que ce même air fait brûler le bois, le charbon, tous les corps combustibles, altère et rouille les métaux, etc.

Lorsque l'on plonge dans un flacon contenant de l'oxygène une bougie ou une allumette présentant seulement quelques points en ignition, on la voit se rallumer à l'instant et brûler avec la plus grande activité.

Quoique le gaz oxygène soit nécessaire à la vie, cependant il y aurait danger pour un animal à le respirer pur pendant longtemps. Il se produirait dans ses poumons une excitation si grande, qu'il en pourrait périr.

DE L'HYDROGÈNE.

259. L'hydrogène est un gaz incolore, sans odeur quand il est pur, et sans saveur. Il est à peu près quinze fois plus léger que l'air. C'est le plus léger de tous les gaz.

Quand on mêle deux volumes d'hydrogène et un volume d'oxygène, ces deux gaz restent sans action l'un sur l'autre à la température ordinaire. Mais si l'on approche de l'orifice du vase un corps en-

flammé, ou bien si l'on fait passer une étincelle électrique à travers le mélange, les deux corps se combinent instantanément, en produisant une forte détonation. Il y aurait danger à opérer sur des quantités un peu considérables. Le résultat de la combinaison des deux gaz est de l'eau (260); de là vient à l'hydrogène le nom qu'il porte et qui signifie *générateur de l'eau.*

L'hydrogène est éminemment inflammable. Quand il est pur, sa flamme jette un faible éclat. Il n'en faudrait pas conclure qu'elle n'a aussi qu'une faible chaleur, car en dirigeant cette flamme sur un morceau de chaux ou un peu d'amiante, ces corps apparaissent *rouges blancs,* ce qui prouve que la flamme possède réellement une très-haute température.

259 *bis. Feux de gaz.* — Un courant enflammé de gaz hydrogène et oxygène mêlés dans les proportions indiquées ci-dessus, donne une température plus élevée que celle de tous les feux de forge. Le platine, infusible à tous les autres feux, ne résiste pas à celui-ci. Une tige de fer y disparaît en un clin d'œil, dispersée en mille paillettes étincelantes. Un morceau de chaux ou de craie plongé dans la flamme du courant lui donne un éclat presque aussi vif que celui du soleil. Devant cette clarté la lumière d'une bougie s'efface, et sa flamme fait ombre comme un corps opaque.

Ces expériences ne doivent être faites qu'avec

un appareil convenable appelé *chalumeau à gaz*. Tout autre appareil pourrait occasionner la plus violente détonation et les accidents les plus funestes, en laissant pénétrer la flamme dans le mélange.

Le gaz hydrogène éteint les corps en combustion, quoiqu'il soit lui-même très-inflammable. Il est aussi impropre à la respiration.

Les procédés par lesquels on se procure ce gaz ne le donnent jamais pur, il contient toujours une matière huileuse qui lui communique une odeur fétide, analogue à celle de l'ail. Quelquefois encore il est uni à du soufre, ce qui le rend malsain. L'hydrogène sulfuré ou plutôt l'acide sulfhydrique est un poison des plus mortels (268).

DE L'EAU.

260. L'eau est un composé d'oxygène et d'hydrogène, résultant de l'union d'un volume du premier gaz et de deux volumes du second ; et comme ce composé ne rougit pas la teinture de tournesol, l'eau est un *oxyde d'hydrogène*.

L'eau pure est inodore, insipide ; mais elle ne se rencontre presque jamais à l'état de pureté dans la nature ; elle est ordinairement chargée de sels et mêlée avec d'autres matières étrangères. Pour la purifier, on la distille dans un alambic. (Physique, n° 119.)

On peut regarder les eaux comme bonnes à boire lorsqu'elles sont vives, limpides, sans odeur, qu'elles cuisent bien les légumes, qu'elles dissolvent le savon sans produire de grumeaux, et qu'enfin, évaporées jusqu'à siccité, elles ne donnent qu'un faible résidu.

261. De l'azote. — L'azote est un gaz incolore, sans odeur, sans saveur. Il est un peu plus léger que l'air. Pur, il éteint les corps en combustion, et bien qu'il forme à peu près les quatre cinquièmes de l'air que nous respirons, il est incapable d'entretenir la vie des animaux; de là lui vient le nom qui sert à le désigner, et qui signifie *sans vie*.

262. Air atmosphérique. — L'air était un des quatre éléments des anciens. Lavoisier démontra que l'air est un composé de deux gaz différents, qui sont l'azote et l'oxygène.

Ces gaz ne sont cependant point dans l'air à l'état de combinaison, mais de simple mélange, dans la proportion de 21 parties d'oxygène et 79 d'azote. Depuis qu'on connaît les moyens d'analyser l'air, on l'a toujours trouvé composé de la même manière, dans tous les lieux où il lui est permis de circuler librement.

On rencontre encore dans l'air quelques traces d'acide carbonique et une quantité variable de vapeur d'eau. La présence de l'acide carbonique dans l'air est facile à constater; car c'est lui qui produit ces pellicules de carbonate de chaux qu'on remarque

à la surface des eaux qui contiennent de la chaux en dissolution.

Les propriétés chimiques de l'air sont à peu près les mêmes que celles de l'oxygène, mais à des degrés d'intensité moindres, à cause de la présence de l'azote. Et, en effet, nous avons déjà dit que c'est par l'oxygène que l'air atmosphérique entretient la vie des animaux, brûle le bois, le charbon, oxyde et altère les métaux, etc.

263. Acide azotique. — L'azote forme encore, avec l'oxygène, cinq combinaisons, deux oxydes et trois acides. Nous dirons un mot du plus important de ces composés, qui est l'acide azotique.

Cet acide, appelé aussi *acide nitrique* et *eau-forte* dans le commerce, est un liquide transparent comme l'eau quand il est pur, odorant, très-sapide et corrosif. Il désorganise presque subitement les matières organiques en les colorant en jaune : aussi est-il un violent poison. Dans les empoisonnements par cet acide, on administre la magnésie, qui est aussi un contre-poison pour d'autres acides ; mais, comme on n'a pas toujours ce remède sous la main, le savon peut, en attendant, arrêter ou du moins ralentir les progrès du mal.

264. Ammoniaque. — L'ammoniaque (ou *azoture* d'hydrogène) portait autrefois le nom d'*alcali volatil*, quand elle était à l'état gazeux, et d'*alcali fluor*, quand elle était à l'état liquide, c'est-à-dire

dissoute dans l'eau. On l'appelait encore *esprit de sel ammoniac*.

Le gaz ammoniac est incolore, très-âcre, très-caustique. Il a une odeur vive et piquante qui le caractérise ; il provoque les larmes, verdit fortement le sirop de violette et ramène au bleu le tournesol rougi par les acides. C'est une base salifiable très-énergique.

Ce gaz est formé de trois volumes d'hydrogène et d'un volume d'azote, condensés en deux volumes. Ces éléments, azote et hydrogène, s'unissent souvent dans les décompositions spontanées des matières organiques, qui toutes contiennent de l'hydrogène, et un grand nombre de l'azote. De là vient qu'on est incommodé par ce gaz, dans certains lieux mal tenus.

L'ammoniaque s'emploie toujours en dissolution dans l'eau. Ce liquide en est si avide, qu'il en dissout jusqu'à 670 fois son volume.

Elle sert à enlever les taches que font les acides sur les étoffes, et celles de certaines matières grasses. Le teinturier-dégraisseur fait encore usage, pour cet objet, du *carbonate d'ammoniaque*.

Administrée à l'intérieur, l'ammoniaque est fortement stimulante. Elle diminue le gonflement auquel sont sujets les bestiaux qui ont mangé du trèfle et de la luzerne. Elle est encore un remède contre les piqûres venimeuses des insectes, en appliquant sur ces piqûres des compresses d'ammo-

niaque liquide ; on l'emploie aussi, mais avec un succès fort douteux, contre les morsures des animaux attaqués de la rage.

265. Du soufre. — Le soufre est un corps simple, solide, mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité. Tout le monde connaît sa couleur jaune-citron et la propriété qu'il a de s'enflammer facilement à l'air.

Il est assez répandu dans la nature, soit à l'état de combinaison, comme dans les sulfures et les sulfates, soit à l'état natif, surtout autour des volcans.

Il existe encore dans quelques plantes et quelques matières animales, particulièrement dans les œufs. C'est par lui qu'ils noircissent l'argenterie et acquièrent, en se putréfiant, une odeur si infecte.

On emploie le soufre dans la fabrication de la poudre à canon, dans celle de l'acide sulfurique, et pour sceller le fer dans la pierre. La médecine l'administre encore dans plusieurs maladies. On sait que les *allumettes* lui doivent de prendre feu si facilement.

266. Acide sulfureux. — Le soufre, en brûlant dans l'air, donne naissance à un gaz acide, d'une odeur suffocante, provoquant la toux et les larmes : c'est l'acide sulfureux, résultat de la combinaison du soufre avec une certaine proportion d'oxygène.

Cet acide, soit à l'état gazeux, soit en dissolution dans l'eau, est d'un usage assez fréquent dans

les arts et la médecine. On l'emploie pour blanchir la soie, la laine, le ligneux, pour enlever des taches de fruits sur des étoffes, et pour guérir les maladies de la peau.

267. Acide sulfurique. — L'oxygène s'unissant au soufre en plus grande proportion que dans la combinaison précédente, donne un nouvel acide que l'on nomme *acide sulfurique.*

Liquide, d'une transparence parfaite quand il est pur, sans odeur, et d'une consistance oléagineuse, l'acide sulfurique est connu dans le commerce sous le nom d'*huile de vitriol.* C'est un des acides les plus forts et des plus employés en chimie et dans les arts. Il est aussi un poison extrêmement violent.

268. Acide sulfhydrique. — L'un des éléments de l'acide sulfhydrique est encore le soufre, l'autre est l'hydrogène. Il portait autrefois le nom d'*air puant;* on le connaît encore aujourd'hui sous le nom d'acide *hydrosulfurique* et d'*hydrogène sulfuré.*

C'est un corps gazeux, incolore, d'une saveur acide et sucrée. Son odeur est celle des œufs pourris. Respiré, même en petite quantité, il est très-dangereux. Un oiseau plongé dans un air contenant $\frac{1}{2000}$ de ce gaz, tombe asphyxié sur-le-champ; $\frac{1}{800}$ suffit pour tuer un chien robuste. Ce gaz se forme naturellement dans les égouts et les fosses d'aisances. Les ouvriers obligés de descendre dans

ces lieux étaient souvent victimes de l'action mortelle de ce gaz, avant que la chimie eût découvert dans le chlore un remède unique et efficace contre ces cas d'asphyxie.

L'argenterie et les peintures, exposées aux émanations de ces mêmes lieux, surtout pendant l'opération du curage, doivent au même gaz la couleur noire qu'elles prennent. Le gaz se décompose en produisant des sulfures.

L'acide sulfhydrique se rencontre encore en dissolution dans plusieurs eaux minérales, telles que celles de Baréges, d'Aix-la-Chapelle, etc.

Cet acide sert dans les laboratoires pour différentes opérations, et on l'administre en médecine sous forme de bains : témoin les eaux minérales sulfureuses.

269. Phosphore. — Le phosphore est une des découvertes les plus curieuses de la chimie. Le nom de ce corps veut dire *porte-lumière*, parce que, placé dans l'air, il y brûle spontanément, en répandant un certain éclat dans l'obscurité.

Le phosphore est un corps solide, mais mou. Il prend diverses couleurs, suivant les circonstances dans lesquelles il a été placé. Le plus souvent il est d'un jaune un peu foncé, comme l'or; toutefois il est naturellement incolore.

En brûlant, il répand une forte odeur d'ail.

Comme il ne sert vulgairement qu'à la fabrica-

tion des *briquets phosphoriques*, nous ne nous étendrons pas davantage sur ses propriétés.

On l'extrait des os des animaux, qui sont formés en grande partie d'un phosphate de chaux.

270. Phosphures d'hydrogène. — Le phosphore, en s'unissant à l'hydrogène, forme plusieurs phosphures gazeux, incolores, et répandant une odeur analogue à celle de l'ail.

Le plus remarquable de ces composés est celui qui contient une plus grande proportion de phosphore, et qu'on nomme, pour cette raison, *hydrogène perphosphoré*. Ce gaz a la propriété de s'enflammer spontanément, sitôt qu'il a le contact de l'air. Quand on renverse sous l'eau un flacon rempli d'hydrogène perphosphoré, et qu'on en fait sortir ce gaz bulle à bulle, à chaque bulle qui vient crever à la surface liquide, une lumière subite apparaît; et si l'expérience se fait dans un air tranquille, on voit s'élever au-dessus du vase une superbe auréole, formée de vapeurs blanches, et qui va s'élargissant à mesure qu'elle monte.

Le gaz hydrogène perphosphoré prend quelquefois naissance dans les lieux bas et humides, où se trouvent des matières animales enfouies dans le sein de la terre. Le phosphore et l'hydrogène, qui font partie de ces matières, s'unissent pendant l'acte de la décomposition. Ce phosphure d'hydrogène, conduit par les fissures de la terre jusqu'à la surface du

sol, s'enflamme et produit ces *feux follets* qui sont la terreur des villageois ignorants.

271. Carbone. — Les chimistes désignent par le nom de *carbone* le charbon pur. Le charbon noir qui est employé dans les usages domestiques contient toujours au moins de l'hydrogène et de la cendre. On ne connaissait point le charbon pur avant que la chimie l'eût montré dans le diamant. Le diamant n'est que du charbon cristallisé, par conséquent au plus grand degré de pureté possible. Cette découverte a été mise hors de doute par les expériences les plus concluantes.

Le diamant, objet de luxe, ne se trouve que dans quelques lieux seulement; on le rencontre enfoui dans la terre aux Indes et au Brésil. Mais le charbon impur, si indispensable à nos besoins, est répandu en abondance dans la nature.

Le charbon de bois ou charbon végétal s'obtient en brûlant, par une méthode particulière, le bois coupé en petits morceaux et disposé en forme de meule que l'on recouvre de terre ou de gazon ; ou bien on expose le bois à une haute température, dans des vases clos où il subit une sorte de distillation. Le charbon, qui ne se volatilise point, reste dans ces vases, et les éléments volatils du bois se dégagent sous forme de gaz et de vapeurs. On trouve dans ces vapeurs un acide particulier qu'on appelle *acide pyroligneux*, dont on extrait une grande quantité de vinaigre.

En brûlant pareillement des résines, des matières animales, particulièrement des os, du sang, on prépare le noir animal, les noirs d'ivoire, les noirs de fumée, qui ne sont que des charbons très-divisés.

Enfin, c'est par des fouilles exécutées dans le sein de la terre qu'on se procure ce charbon compacte, souvent luisant et sans forme régulière, qu'on appelle charbon de terre ou bien *houille*. La plupart du temps, ce charbon contient une grande quantité de bitume ; quelquefois aussi il est formé de lames appliquées les unes contre les autres, présentant une masse plus compacte et bien moins impure que la houille ordinaire : c'est l'*anthracite*.

Les usages du carbone pur ou du diamant sont très-bornés. La propriété qu'il a d'être transparent, de décomposer la lumière et de briller des plus vives couleurs, sa rareté, sa dureté, son inaltérabilité, le font rechercher comme l'un des ornements les plus précieux et les plus indestructibles. Il sert encore dans les arts pour tailler, polir, graver les pierres précieuses et couper le verre.

Mais les usages du charbon impur sont bien autrement importants et multipliés. Partout on l'emploie comme combustible. Dans les usines, il sert non-seulement à donner le degré de chaleur dont on a besoin, mais encore à désoxygéner les métaux et à les obtenir à l'état de pureté. Mêlé au soufre et au salpêtre ou azotate de potasse, il constitue la poudre à canon. L'encre d'imprimerie n'est que du noir de fumée mêlé à des corps gras. Le charbon

combiné en petite proportion avec le fer, donne l'acier, si différent du fer par sa dureté et son élasticité.

La propriété qu'il possède d'absorber les gaz, et particulièrement l'hydrogène sulfuré et l'ammoniaque, le rend très-propre à servir de désinfecteur. C'est pour cela que le charbon prévient la putréfaction des eaux et des viandes, et ramène à l'état sain celles qui commencent à se putréfier. Que l'on fasse bouillir dans l'eau de la viande trop avancée, et que l'on y ajoute du charbon, elle perdra sa mauvaise odeur. Que l'on filtre de l'eau bourbeuse à travers une couche de quelques centimètres de charbon grossièrement pilé, et qu'on la laisse ensuite exposée à l'air pendant vingt-quatre heures, elle deviendra très-limpide et bonne à boire. Que l'on charbonne l'intérieur des tonneaux, et l'eau s'y conservera très-bien. L'on emploie aussi le charbon, mais surtout le charbon animal, pour clarifier, décolorer les liquides, pour purifier le miel et lui enlever tout à la fois son goût âcre et son odeur avec sa couleur.

Le charbon, en s'unissant à l'oxygène et à l'hydrogène, forme des composés, parmi lesquels deux ont trop d'importance pour que nous les passions sous silence : ce sont l'acide carbonique et l'hydrogène carboné.

272. Acide carbonique. — L'acide carbonique, autrefois *air méphitique*, est un gaz incolore,

d'une saveur légèrement aigre et d'une odeur un peu piquante. Il est environ une fois et demie aussi pesant que l'air, à volume égal.

L'eau en dissout environ son volume à la température ordinaire et sous la pression de l'atmosphère; mais elle peut en dissoudre cinq à six fois davantage sous une pression plus considérable. Ces solutions d'acide carbonique en prennent l'odeur et la saveur. C'est le même gaz qui entre dans la composition de la plupart des eaux gazeuses naturelles ou artificielles, telles que les eaux de Seltz. C'est encore à lui que certaines limonades doivent leur nom de limonades gazeuses. C'est lui qui fait mousser la bière et pétiller le vin de Champagne.

Mais de ce que l'acide carbonique se trouve ainsi mélangé à des boissons recherchées, quelquefois même prescrites en médecine, il ne faudrait pas conclure que ce gaz peut être respiré sans danger. Il asphyxie, au contraire, promptement et sans remède.

Il se produit partout où des matières contenant du charbon sont en combustion. Il faut donc bien se garder d'avoir, dans un lieu fermé, si ce n'est sous une cheminée, du charbon ou de la braise allumée; on y serait exposé à périr d'une mort cruelle. Car il s'en faut beaucoup, au rapport même de ceux qui ont échappé à un pareil danger, que l'asphyxie par le charbon soit une mort exempte de douleur.

L'acide carbonique se dégage aussi des substances qui subissent la fermentation. C'est pourquoi les hommes qui foulent le raisin, au temps des vendanges, doivent s'abstenir de descendre dans les cuves, quand la fermentation y est établie, s'ils ne veulent augmenter infailliblement le nombre des victimes qui ont succombé à ce genre de mort.

Ce même gaz est encore un produit de la respiration, par la combinaison qui se fait dans cet acte d'une partie du carbone du sang veineux avec l'oxygène de l'air.

Enfin, quand on songe à toutes les causes qui versent continuellement dans l'atmosphère des torrents de ce gaz méphitique, on peut être surpris, au premier abord, que l'air conserve ses propriétés vitales. Mais, par une économie admirable, les parties vertes des plantes, sous l'influence des rayons solaires, décomposent l'acide carbonique, en absorbent le carbone dont elles se nourrissent, et rendent à la liberté l'oxygène, le principe vital de l'air. De là vient que l'atmosphère contient à peine des traces sensibles de cet acide.

Cependant ce gaz se rencontre libre et en masse dans certaines cavités ou grottes naturelles. Une des plus célèbres est la grotte du *Chien*, près Pouzzoles. Il ne faudrait donc point s'aventurer témérairement dans des cavités inconnues. Pour s'assurer qu'elles ne contiennent pas d'air méphitique, il suffit d'y plonger un flambeau allumé. S'il con-

tinue de brûler, on peut être certain de l'absence de ce gaz, parce qu'il a la propriété d'éteindre sur-le-champ les corps en combustion.

La nature nous offre encore l'acide carbonique dissous dans certaines eaux et combiné avec divers oxydes, particulièrement la chaux (oxyde de *calcium*). Il forme, avec ces oxydes, une classe nombreuse de *sels*, appelés *carbonates*. La craie, le marbre et un grand nombre d'autres pierres ne sont que des *carbonates de chaux*. C'est de ces pierres que l'on extrait la chaux, en forçant l'acide carbonique à se séparer de l'oxyde par le moyen d'une haute température.

273. *Hydrogène carboné.* — Le carbone peut s'unir à l'hydrogène en plusieurs proportions.

La flamme de l'hydrogène carboné a un éclat qui surpasse de beaucoup la faible lumière produite par la combustion de l'hydrogène à l'état de pureté. Cette flamme est d'autant plus brillante que le gaz contient une plus grande proportion de carbone.

C'est à un ingénieur français, nommé Lebon, que l'on doit, en Europe, la première idée de faire servir cette flamme à l'éclairage des rues et des édifices.

Le gaz préparé pour cet usage se tire ordinairement de la houille ou charbon de terre, en soumettant cette substance à la distillation dans de grands cylindres de fonte. L'hydrogène contenu

dans la houille s'unit à une certaine quantité de charbon, et passe ensuite dans une sorte de grand réservoir appelé *gazomètre* (*), d'où il est distribué par des tuyaux dans tous les lieux qu'il doit éclairer. Le résidu de la distillation est un excellent combustible que l'on vend sous le nom de *coke*.

Dans certaines contrées, en Italie, par exemple, et aussi dans la Chine, on rencontre des espèces de volcans d'où il se dégage continuellement un gaz inflammable qui n'est que de l'*hydrogène carboné*. On se sert de la chaleur produite par la combustion de ce gaz pour cuire des poteries. Depuis longtemps même les Chinois ont coutume de s'éclairer avec sa flamme.

Il se produit encore naturellement du gaz hydrogène carboné dans les houillères, enfin dans les eaux fangeuses des marais et des fossés. C'est ce gaz que l'on voit quelquefois s'élever du fond de la

(*) On donne généralement le nom de *gazomètre* à tout appareil propre à régler la dépense d'un gaz. Celui des usines où se prépare le gaz de l'éclairage consiste en une grande cloche en tôle C (fig. 54), plongeant dans une cuve pleine d'eau. Le gaz provenant de la distillation de la houille se rend sous cette cloche, la soulève et la remplit : quand celle-ci ne plonge plus que de quelques pouces dans l'eau, on ferme le conduit *t* qui amenait le gaz, et on ouvre le conduit de distribution *t'*. Le gaz s'y précipite, en vertu de la pression que la cloche exerce sur lui, et se répand de là, par des tuyaux particuliers qui s'embranchent sur la conduite principale, dans tous les lieux qu'il est destiné à éclairer. Des contre-poids PP', disposés convenablement, règlent la pression de la cuve et par suite l'écoulement du gaz.

vase sous forme de bulles d'air et venir crever à la surface de ces eaux bourbeuses.

Mais ces gaz naturels contiennent moins de charbon que ceux que l'on prépare artificiellement pour l'éclairage.

L'oxygène, mêlé à l'hydrogène carboné, à la température ordinaire, est sans action sur lui; mais si on élève la température en approchant, par exemple, de l'ouverture du flacon qui contient le mélange, la flamme d'une bougie, il y a à l'instant décomposition de l'hydrogène carboné, et formation d'eau et d'acide carbonique. Ces effet ne se produisent pas sans une détonation des plus violentes. L'air, par l'oxygène qu'il contient, produirait le même résultat. On conçoit, d'après cela, le danger auquel on est exposé quand un tuyau, destiné à conduire le gaz dans un lieu clos, étant fendu ou mal fermé, le gaz a pu se mêler à l'air de ce lieu. Si l'on a le malheur d'y pénétrer avec un flambeau allumé, un désastre instantané est inévitable.

Autrefois, des accidents de ce genre se reproduisaient souvent, de la manière la plus funeste, dans les mines d'où s'extrait la houille. Lorsque le gaz hydrogène carboné, qui se forme naturellement au sein des houillères, trouvait tout à coup un passage à travers les fissures des lits de charbon, il se répandait en grande quantité dans les galeries des mineurs; la flamme des lampes et des chandelles

déterminait aussitôt la combinaison de ce gaz avec l'oxygène de l'air : de là des explosions soudaines et terribles, qui renversaient, blessaient, faisaient périr les hommes et les animaux employés dans ces exploitations.

Aussi ce gaz, sous le nom de *moufette* ou *feu grisou*, était-il à juste titre l'effroi des mineurs.

274. *Lampe de Davy*. — M. Davy a chassé cet effroi en faisant disparaître ce danger par le moyen de cette lampe que l'on appelle *lampe de sûreté* ou *lampe de Davy*, du nom de l'inventeur. Mais pour comprendre cette belle invention, il faut savoir ce que c'est que la flamme, et quel est l'effet des toiles métalliques sur la flamme. Or, la flamme n'est qu'un gaz qui devient lumineux par une haute température. La flamme du bois, par exemple, n'est due qu'à des gaz qui se dégagent du bois en combustion, et qui, sous l'influence de la chaleur développée, entrent eux-mêmes en combinaison avec l'oxygène de l'air, en produisant ces sortes de dards lumineux auxquels on a donné le nom de *flamme*. Puisqu'il faut une haute température à un gaz pour qu'il produise de la flamme, il est clair qu'en abaissant suffisamment la température de ce corps, il deviendra obscur. Tel est précisément l'effet des toiles métalliques d'un tissu assez serré. Lorsqu'un gaz lumineux se présente pour les traverser, elles lui enlèvent, par leur grande conductibilité, assez de chaleur pour qu'il cesse

d'être lumineux. C'est sur ce principe que repose l'invention de la lampe de sûreté. Elle n'est qu'une lampe ordinaire, dont la flamme est enfermée dans une sorte de cylindre formé d'une toile métallique assez claire pour transmettre suffisamment la lumière, mais en même temps assez serrée pour que la flamme du gaz hydrogène ne puisse se propager à travers son tissu.

Lors donc que les galeries des houillères se trouvent encore envahies par le gaz, il peut bien pénétrer les parois métalliques qui environnent la flamme de la lampe du mineur, brûler même et faire explosion dans cette étroite enceinte, mais l'incendie ne peut se communiquer au dehors.

On conçoit que les dangers renaîtraient si l'ouvrier était obligé de découvrir, même momentanément, la flamme de sa lampe : aussi l'inventeur a-t-il pourvu, par un mécanisme particulier, à ce qu'il pût en gouverner la mèche sans enlever la toile protectrice.

275. *Chlore.* — Le chlore est un gaz jaune-verdâtre, dont la saveur et l'odeur désagréables sont tellement caractérisées, qu'il est facile de les reconnaître une fois qu'on en a fait l'expérience. Sa pesanteur est un peu plus du double de celle de l'air.

Le chlore est surtout remarquable par sa grande affinité pour l'hydrogène. Il l'enlève à presque tous les autres corps pour former avec lui un acide

gazeux, qu'on nomme *acide hydrochlorique*, et mieux *chlorhydrique.* Voilà pourquoi il décompose tous les gaz hydrogénés, détruit toutes les couleurs végétales et animales, l'encre même; détruit pareillement les miasmes ou germes putrides qui peuvent se trouver répandus dans l'air.

Aussi les usages les plus importants du chlore sont-ils basés sur cette propriété. Nous avons déjà dit comment, en le faisant respirer dans le cas d'asphyxie par le gaz hydrogène sulfuré, il est un remède infaillible, parce qu'il décompose ce gaz mortel en s'emparant de son hydrogène, et laissant le soufre en liberté.

Le chlore s'emploie ordinairement en solution dans l'eau. C'est ce que l'on appelle du *chlore liquide.* On en faisait autrefois une grande consommation pour blanchir les toiles; aujourd'hui on se sert de préférence du *chlorure de chaux,* ou plutôt *chlorite* de chaux, dont la préparation est plus facile et l'emploi plus commode. C'est ce chlorite que l'on répand dans les salles des hôpitaux pour détruire les miasmes qui pourraient infecter l'air de ces salles.

Le *chlorite de soude* peut être encore employé au même usage, et même il est préférable au chlorite de chaux, parce qu'il ne se couvre pas, comme celui-ci, dans les vases où on le place, d'une croûte de carbonate qui s'oppose au contact de l'air et de la liqueur.

L'*eau de javelle*, dont on fait une si grande consommation dans certaines blanchisseries, n'est qu'un *chlorite de potasse* en dissolution dans l'eau.

Bien que le chlore puisse quelquefois prévenir un accident funeste, il peut avoir lui-même sur l'économie animale une action extrêmement pernicieuse. Lorsqu'on n'est soumis qu'à de faibles émanations de ce gaz, il n'est nullement dangereux, il est même salutaire, surtout dans des lieux où l'air pourrait contenir quelques principes malfaisants. Mais si on le respire en trop grande quantité, il commence par exciter la toux, produit une sorte de strangulation, resserre la poitrine, et cause un véritable rhume de cerveau; enfin, ses effets nuisibles peuvent aller jusqu'à donner la mort en provoquant un crachement de sang.

Le remède contre une incommodité assez forte causée par le chlore, serait une potion dans laquelle on aurait mis quelques gouttes, cinq gouttes, par exemple, d'ammoniaque, et que l'on prendrait par cuillerées, à des intervalles d'un quart d'heure ou d'une demi-heure chacun.

---

10 600

155
121
2,55

60
60
100

16
9
105